



Facultat de Nàutica de Barcelona

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA

TREBALL DE FI DE CARRERA

TÍTOL DEL TFC: Estudio y propuestas de optimización del proceso de rescate ante una alerta SAR

TITULACIÓ: Diplomatura en Màquines Navals

AUTOR: Enric Mánhez López

DIRECTOR: Alejandro León Arias

DATA: 13 de maig de 2010

A Alex, Sergio y Jaime por indicarme el rumbo a seguir.
A mi familia, por ayudarme a capear los peores temporales.
A ti, por acompañarme en la guardias más difíciles.

ÍNDICE GENERAL

1. Introducción

1.1. Motivación del trabajo.....	1
1.2. Preguntas a responder.....	1

2. Descripción

2.1. Esquema general del funcionamiento del sistema.....	3
2.1.1. Los observables frecuenciales.....	3
2.1.2. Sistemas basados en el efecto Doppler.....	4
2.2. Introducción a un sistema SAR. El Cospas – Sarsat.....	4
2.2.1. El sistema y sus participantes.....	5
2.2.2. Funcionamiento.....	5

3. Segmento Espacial

3.1. Características de los satélites.....	7
3.1.1. Diferentes tipos de satélites.....	7
3.1.2. Satélites usados por el Cospas-Sarsat.....	7
3.1.2.1. Satélites LEOSAR.....	8
3.1.2.2. Satélites GEOSAR.....	9
3.2. Funcionamiento de los satélites.....	9
3.2.1. Sistema Cospas – Sarsat a 121.5 Mhz.....	10
3.2.2. Sistema Cospas – Sarsat a 406 MHz.....	10
3.2.2.1. Sistema LEOSAR a 406 MHz.....	10
3.2.2.1.1. Modo local a 406 MHz.....	11
3.2.2.1.2. Modo global a 406 MHz.....	12
3.2.2.2. Sistema GEOSAR a 406 MHz.....	12
3.3. Estaciones en tierra que controlan que orbiten correctamente	12

4. Segmento Activación

4.1. Descripción de los dispositivos encargados de la activación del sistema.....	14
4.1.1. ELTs.....	14
4.1.2. EPIRBs.....	15
4.1.3. PLBs.....	16

4.2. Modelos de los dispositivos usados por el C/S.....	16
4.2.1. Radiobalizas de 121.5MHz.....	16
4.2.1.1. Fase de terminación del procesamiento de balizas de 121.5 MHz.....	17
4.2.2. Radiobalizas de 406MHz.....	17
4.3. Requisitos a cumplir por las radiobalizas marinas.....	19

5. Segmento Tierra

5.1. Estaciones receptoras.....	20
5.1.1. LEOLUTs.....	20
5.1.1.1. Descripción.....	20
5.1.1.2. Funcionamiento.....	21
5.1.2. GEOLUTs.....	22
5.1.2.1. Descripción.....	22
5.1.2.2. Funcionamiento.....	23
5.1.3. Otras (fuera del sistema C/S, p.e. MEOLUTs)	23
5.2. Centros de Control de la Misión (MCCs)	23
5.2.1. Descripción.....	23
5.2.2. Funcionamiento.....	24
5.2.3. MCC en España. Maspalomas.....	26
5.3. Centros de Rescate y Coordinación (RCCs) y Puntos de Contacto SAR (SPOCs)	28
5.3.1. Descripción.....	28
5.3.2. Funcionamiento.....	28
5.3.3. RCCs en nuestro país.....	29
5.4. Antenas de recepción.....	30
5.4.1. Tipos.....	30
5.4.2. Descripción de las antenas usadas por el C/S.....	30
5.4.2.1. Antenas LEOLUT.....	30
5.4.2.2. Antenas GEOLUT.....	31
5.4.2.3. Antenas facilitadas por el MCC español.....	32
5.5. Sistemas de reenvío usados por el C/S.....	33
5.5.1. Tipos.....	33
5.5.2. Descripción de los equipos de comunicación utilizados.....	33
5.6. Otros métodos de reenvío.....	33
5.6.1. Redes internas del sistema.....	33
5.6.1.1. Comunicaciones X.25.....	33
5.6.1.2. Comunicaciones por Protocolo de Transferencia de Archivos (FTP).....	34
5.6.1.3. Comunicaciones AFTN/AMHS.....	34

5.6.2. Métodos adicionales de comunicación.....	34
---	----

6. Funcionamiento Operativo

6.1. Centros de Coordinación de Salvamento Marítimo -Torres de control.....	35
6.1.1. Funciones.....	35
6.1.2. Distribución dentro del territorio español.....	35
6.1.3. La torre de control de Barcelona.....	36
6.2. Buques.....	38
6.2.1. Tipos.....	39
6.2.2. Funciones.....	39
6.2.2.1. Buques polivalentes.....	39
6.2.2.2. Remolcadores.....	40
6.2.2.3. Embarcaciones “Salvamares”	40
6.2.2.4. Embarcaciones “Guardamares” (Patrulleras SAR)	41
6.2.3. Distribución dentro del territorio español.....	41
6.2.3.1. Buques polivalentes.....	42
6.2.3.2. Remolcadores.....	43
6.2.3.3. Embarcaciones “Salvamares”	44
6.2.3.4. Embarcaciones “Guardamares” (Patrulleras SAR)	46
6.3. Aeronaves.....	46
6.3.1. Tipos.....	46
6.3.2. Funciones.....	47
6.3.2.1. Helicópteros.....	47
6.3.2.2. Aviones.....	48
6.3.3. Distribución dentro del territorio español.....	48
6.4. Plan nacional de Salvamento Marítimo 2006 – 2009.....	49
6.4.1. Medios disponibles al finalizar el Plan en 2009.....	49
6.4.2. Resultados obtenidos.....	50
6.5. Procedimiento operativo (SAR)	51
6.5.1. Distribución de la información una vez recibida la alerta SAR.....	51
6.5.2. Plan general de procedimiento ante una alerta SAR.....	52

7. Plan de Optimización

7.1. Descripción de puntos críticos.....	53
7.1.1. Segmento Activación.....	53
7.1.2. Segmento Espacial.....	53
7.1.3. Segmento Terrestre.....	53

7.2. Sistemas de mejora utilizados hasta el momento.....	53
7.2.1. Segmento Activación.....	53
7.2.2. Segmento Espacial.....	54
7.2.3. Segmento Terrestre.....	54
7.3. Sugerencias de posible mejoras.....	55
7.3.1. Complementación del segmento activación (EPIRB)	55
7.3.1.1. Inmarsat B/C – IV, con el sistema Fleetbroadband.....	55
7.3.1.2. Iridium.....	57
7.3.2. Modificación del segmento activación mediante la sustitución de la frecuencia en modo local (homing) 121 MHz.....	58
7.3.2.1. Sustitución por la frecuencia 495 – 505 MHz.....	58
7.3.2.2. Sustitución por un transponedor AIS.....	58
7.3.3. Complementación del segmento espacial. Cooperación entre el Cospas – Sarsat y Galileo.....	58
7.3.4. Complementación del segmento terrestre.....	61
7.3.4.1. Reducción de los tiempos por parte de los dispositivos SAR.....	61
7.3.4.2. Reducción de tiempos en base a la actuación de terceras personas.....	61
8. Conclusiones	63
9. Bibliografía.....	64

ÍNDICE DE FIGURAS Y TABLAS

Capítulo 2

Figura 1. Imagen y gráfica del desplazamiento Doppler.....	3
Figura 2. Distintivo del sistema Cospas – Sarsat.....	4
Figura 3. Camino a seguir por una llamada de socorro.....	6

Capítulo 3

Figura 4. Esquema de un satélite ruso del tipo Sterkh 2.....	8
Figura 5. Esquema de un satélite GOES – 11W.....	9
Figura 6. Satélites en Órbita Polar mostrando una constelación de uno (arriba) y cuatro satélites (abajo).....	11
Figura 7. Imagen del Oficina de Búsqueda y Rescate del Centro Goddard de Vuelo Espacial de la NASA (GSFC).....	13

Capítulo 4

Figura 8. Radiobaliza aeronáutica.....	15
Figura 9. Radiobaliza marítima.....	15
Figura 10. Radiobaliza personal.....	16
Figura 11. Comparación entre las frecuencias 121.5 MHz y 406 MHz.....	16
Figura 12. Especificaciones técnicas de una radiobaliza de 406 MHz.....	18

Capítulo 5

Figura 13. Localización de las estaciones terrestre LUT.....	21
Figura 14. Cobertura ofrecida por los satélites geoestacionarios.....	22
Figura 15. USMCC en Suitland, EUA.....	24
Figura 16. Camino que debe seguir la llamada de socorro en la LUT.....	25
Figura 17. Distribución de la información dentro de una región SAR.....	26
Figura 18. Vista aérea de la estación receptora Maspalomas.....	27
Figura 19. Área de cobertura que cubre el SPMCC.....	28
Figura 20. Distribución de los Centros de Coordinación de Salvamento a lo largo del territorio español.....	29
Figura 21. Antena de recepción LEOLUT.....	31
Figura 22. Antena de recepción GEOLUT.....	31
Figura 23. Antenas localizadas en el MCC de Maspalomas.....	32
Figura 24. Antena GEOLUT Axiom Model 50 RF.....	32
Tabla 1. Bandas de frecuencia.....	30

Capítulo 6

Figura 25. Centros Coordinadores de Salvamento gestionados por Salvamento Marítimo.....	36
Figura 26. Distribución de la zona SAR española en sus aguas del Mediterráneo norte.....	37

Figura 27. Ejercicios realizados por los dispositivos disponibles en la zona SAR del CCS de Barcelona.....	38
Figura 28. Imagen del Buque Polivalente Don Inda.....	39
Figura 29. El remolcador Alonso de Chaves en plena operación de rescate.....	40
Figura 30. Embarcación Salvamar durante una operación de vigilancia.....	41
Figura 31. Rescate de una patera realizado por la Guardamar Talia en Canarias.....	41
Figura 32. Distribución de los buques de Salvamento Marítimo a lo largo del territorio español.....	42
Figura 33. Distribución de las embarcaciones rápidas de Salvamento Marítimo a lo largo del territorio español.....	42
Figura 34. Helicóptero AW139 al servicio de las operaciones SAR.....	47
Figura 35. Avión CN235-300 al servicio de Salvamento Marítimo.....	47
Figura 36. Sistemas incorporados por los nuevos aviones CN235-300.....	48
Figura 37. Distribución de los dispositivos aéreos dispuestos por Salvamento Marítimo a lo largo del territorio español.....	49
Tabla 2. Características de los buques polivalentes.....	43
Tabla 3. Características de los remolcadores propiedad de Salvamento Marítimo.....	43
Tabla 4. Características de los remolcadores fletados por Salvamento Marítimo.....	44
Tabla 5. Remolcadores de nueva construcción que sustituyen algunos de los fletados.....	44
Tabla 6. Características de las embarcaciones Salvamar propiedad de Salvamento Marítimo.....	44
Tabla 7. Características de las embarcaciones Guardamar propiedad de Salvamento Marítimo.....	46
Tabla 8. Bases estratégicas de salvamento.....	50

Capítulo 7

Figura 38. Componentes de un equipo Inmarsat con Fleetbroadband.....	56
Figura 39. Antena del sistema Iridium Openport.....	57
Figura 40. Terminal Iridium.....	58
Figura 41. Constelación de satélites Galileo.....	59
Figura 42. Imagen “renderizada” de un satélite Galileo.....	59

1. Introducción

1.1. Motivación del trabajo

Este Trabajo de Final de Carrera nace una tarde de mayo a bordo del buque remolcador Miguel de Cervantes, propiedad de Salvamento Marítimo, mientras realizaba mis prácticas de embarque. Ese día recibimos un aviso desde la torre de control de Algeciras, con orden de poner rumbo al Estrecho con el objeto de realizar una operación de rescate. Fue en ese instante cuando me planteé que proceso exacto debía haber seguido esa llamada de socorro hasta el momento en que llegó a bordo de nuestro buque y si había alguna forma de agilizarlo.

El objetivo de este trabajo es buscar la forma de optimizar el largo y complejo procedimiento que sigue una señal de socorro desde que la correspondiente radiobaliza es activada hasta que un buque o embarcación de rescate sale a la búsqueda de su propietario.

1.2. Preguntas a responder

Para poder alcanzar este objetivo, primero deberíamos escoger correctamente las preguntas a responder:

- ¿Qué tipo de dispositivo necesito llevar encima en caso de emergencia?
- ¿A dónde va la señal que emite mi dispositivo?
- ¿Qué o quién recibe y, posteriormente, gestiona la información que ha enviado mi dispositivo?
- ¿Qué procedimientos y comprobaciones debe seguir mi señal de socorro antes de que alguien venga en mi búsqueda?
- ¿Cuáles son los medios disponibles para realizar el rescate?

Y quizás la más importante de todas:

- ¿Cuánto tiempo va a transcurrir hasta el momento de mi rescate?

Para poder responder a todas estas preguntas, se ha realizado un minucioso estudio previo del sistema que actualmente proporciona el único servicio internacional de búsqueda y rescate al sector naval, el COSPAS – SARSAT.

Mediante el desglose de sus diferentes segmentos: de activación, espacial y terrestre y la revisión de los medios de que dispone una Administración (en este caso la española) para la realización de las tareas SAR de rescate, obteniendo una visión completa y global del funcionamiento de dicho sistema.

Finalmente, se han descrito los puntos críticos del sistema y se han propuesto diferentes sugerencias para su optimización, con el fin de reducir el tiempo de respuesta de las unidades de rescate.

2. Descripción

2.1. Esquema general del funcionamiento del sistema

El receptor de un sistema de radionavegación debe ser capaz de determinar una posición a partir de:

- el conocimiento de la posición de los satélites, conocido como mensaje de navegación.
- la medida de una característica determinada de las señales emitidas por los satélites y recibidas por el receptor, conocida como observables.

Por tanto, diremos que la posición del usuario del servicio se determina a partir de la medida de la distancia que separa al usuario de los satélites.

Los observables pueden pertenecer al dominio del tiempo o al dominio de la frecuencia. Debemos saber que los primeros sistemas de posicionamiento por satélite empleaban observables en el dominio de la frecuencia, y hoy día aún se siguen dando casos. Aunque, desde el momento en que las referencias temporales son precisas, se emplean observables que pertenecen al dominio del tiempo por la simplicidad de su utilización.

2.1.1. Los observables frecuenciales

Nos centraremos en los sistemas de posicionamiento que emplean observables en el dominio de la frecuencia ya que el sistema que vamos a tratar así lo hace. En estos sistemas, el movimiento relativo entre transmisor y receptor introduce un desplazamiento de frecuencia de la portadora sobre la señal recibida. Así pues, cuando el satélite y el transmisor se acercan, el desplazamiento Doppler es positivo, y si se alejan el desplazamiento Doppler es negativo. La forma de la curva que representa la variación de la frecuencia Doppler con el tiempo depende de la distancia entre satélite y transmisor en el momento en que se encuentran más próximos. Por lo tanto, cuanto mayor sea la pendiente, más próximos se encuentran receptor y satélite.

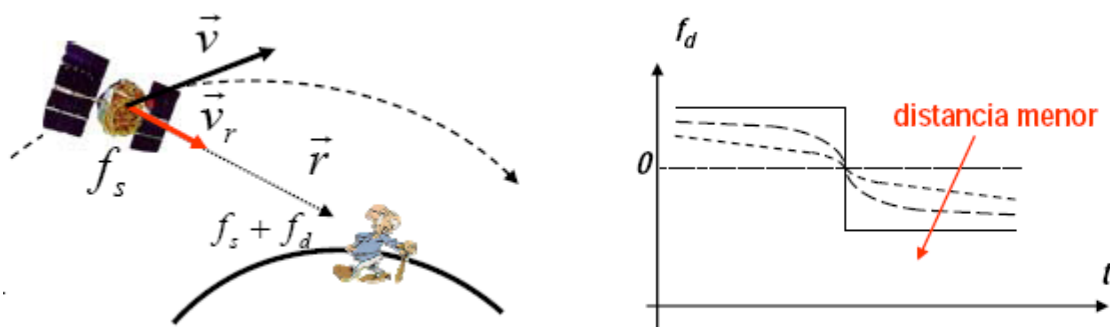


Figura 1. Imagen y gráfica del desplazamiento Doppler

2.1.2. Sistemas basados en el efecto Doppler

Tras varias experiencias en este campo (como la de determinación de la órbita del satélite Sputnik) en las que se comprobó la utilidad del efecto Doppler, se diseñaron varios sistemas basados en él.

En 1958 se diseñó el sistema Transit que proporcionaba la posición precisa de submarinos dotados de misiles. Presentaba varios problemas como podían ser una cobertura discontinua, tenía errores causados por diferentes variables, etc. Dejó de funcionar en 1996.

En 1978 comenzó a operar el sistema Argos, encargado inicialmente de recoger datos ambientales que se entregarían en cualquier parte del mundo. Sigue en funcionamiento dada su gran utilidad y se prevé ir actualizándolo hasta el 2014.

En 1979 se creó un sistema internacional de búsqueda y rescate de carácter humanitario que utiliza satélites para detectar y localizar balizas de emergencia de barcos, aviones o personas; el Cospas-Sarsat.

2.2. Introducción a un sistema SAR. El Cospas-Sarsat

El Cospas-Sarsat (Cosmicheskaya Sistyema Poiska Avariynich Sudov - Space System for the Search of vessels in distress) y (Search And Rescue Satellite-Aided Tracking) es un sistema satelital diseñado para proporcionar información de la localización de alguien que ha emitido una señal de socorro. Se emplea en operaciones de búsqueda y rescate (Search and Rescue), mediante el uso de satélites y todo tipo de facilidades terrestres para detectar y localizar las señales de radiobalizas de socorro operando en frecuencias de 406MHz y 121.5 MHz (hasta febrero de 2009).

La posición de de la llamada de socorro y toda la información relacionada se sigue desde el Sarsat Mission Control Centre (SMCC) y es enviada a las autoridades nacionales SAR apropiadas. Su objetivo es dar soporte a todas las organizaciones en el mundo con competencias en operaciones SAR ya sea en mar, tierra o aire.



Figura 2. Distintivo del sistema Cospas – Sarsat

2.2.1. El sistema y sus participantes

En 1979, las agencias de EUA, Canadá, Francia y la antigua Unión Soviética firmaron un Memorandum of Understanding (MOU) que permitía el desarrollo inicial de este sistema satelital que recibiría el nombre de Cospas – Sarsat.

En 1984, un segundo MOU fue firmado por el Centro Nacional de Estudios Espaciales (CNES) francés, el Departamento Nacional de Defensa (DND) canadiense, el Ministerio de la Marina Mercante (MORFLOT) de la antigua Unión Soviética y la Administración Nacional Oceánica y Atmosférica (NOAA) de EUA. Esto permitió que el sistema se declarase operacional en 1985 y que en 1988 los cuatro estados miembros firmasen el Programa Internacional del Cospas-Sarsat.

En este acuerdo los estados miembros ponían a disposición del estado que lo necesitase (es un acuerdo no discriminatorio) el segmento espacial que controlaban, asegurando la continuidad del Programa en el futuro.

En 1992, las competencias de la antigua Unión Soviética pasaron a manos del gobierno ruso. Además, un gran número de Estados, no miembros del acuerdo, se habían asociado con el Programa y participaban en las operaciones y el control del Sistema.

2.2.2. Funcionamiento

Podríamos decir, como idea general, que este sistema hace uso de los satélites para detectar y localizar un tipo especial de radiobalizas, reduciendo el tiempo requerido para alertar a las autoridades apropiadas y para que los equipos de rescate encuentren la posición final del naufrago.

Los pasos que sigue el sistema son los siguientes:

- Las balizas de emergencia se activan en situaciones de peligro grave o inminente.
- Los mensajes de emergencia recibidos por los satélites son retransmitidos a las estaciones receptoras de tierra (LUTs).
- Los mensajes recibidos, incluyendo el cálculo de las posiciones, se envían al centro de control de la misión (MCC) en el país de operación del LUT.
- Después de su validación, las alertas son reenviadas a otra MCC o al centro coordinador de rescate (RCC) apropiado (en función de su posición o país de registro).
- El RCC activa las labores de rescate.

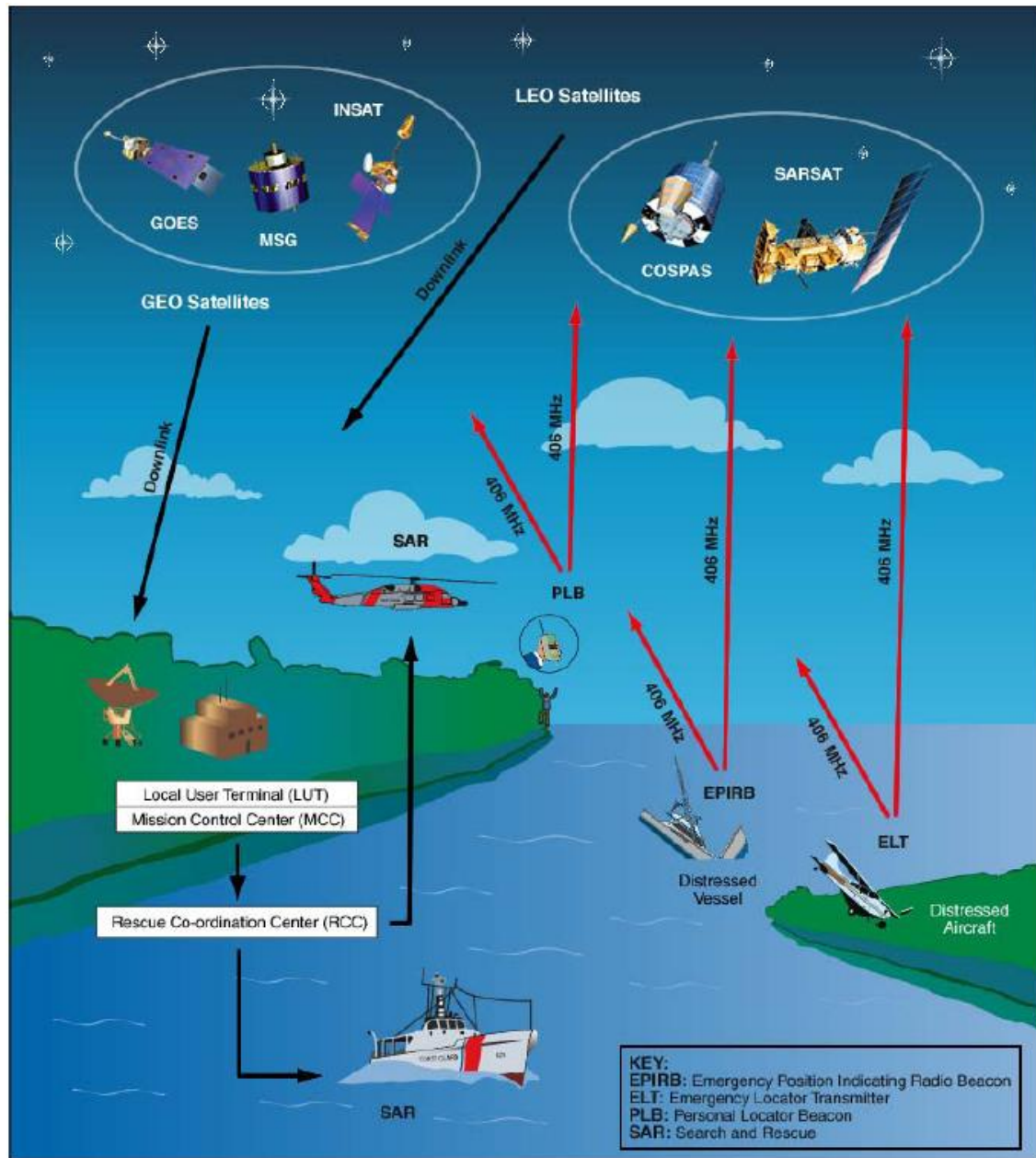


Figura 3. Camino a seguir por una llamada de socorro.

Por tanto, podemos afirmar que el sistema Cospas-Sarsat está compuesto por tres elementos, radiobalizas (de 406 MHz), satélites o segmento espacial (polares y geoestacionarios) y el segmento de tierra (LUTs, MCCs y RCCs o SPOCs).

3. Segmento Espacial

3.1. Características de los satélites

El sistema Cospas – Sarsat ha demostrado que la detección y localización de señales de socorro se pueden detectar fácilmente a través de una motorización global basada en aeronaves de baja altitud en órbitas casi polares. Nos permite tener una cobertura total de la tierra (incluyendo las zonas polares) mediante el simple uso de radiobalizas de emergencia operando a 406 MHz que nos permitan generar una señal de socorro.

Hasta hace poco, cuando usábamos un tipo de radiobalizas más antiguas, operando a 121.5 MHz, el sistema de cobertura no era global ya que la detección de la señal dependía de la disponibilidad de una estación receptora terrestre localizada en el campo de visión del satélite mientras éste recibía la señal de la radiobaliza.

El sistema Cospas – Sarsat cuenta con dos grupos de satélites. Por un lado, los satélites de órbita polar conocidos como satélites LEOSAR, son aquellos que pueden darnos una cobertura global pero no continua y que nos permiten la detección y el posicionamiento de señales de socorro mediante el uso de técnicas de localización Doppler; y, por otro lado, los satélites geoestacionarios o GEOSAR nos permiten que la transmisión de la alerta sea inmediata y que la radiobaliza envíe una identificación junto con el aviso.

3.1.1. Diferentes tipos de satélites

Hoy día podemos encontrar una inmensa variedad de satélites, lo que nos podría causar una gran dificultad a la hora de clasificarlos de una manera clara y concisa. Habitualmente, se opta por clasificarlos según la plataforma que usan aunque en algunos casos se pueden encontrar clasificados según la misión que realizan, el país al que pertenecen, etc.

Por ejemplo, según la plataforma que utilizan los podemos clasificar en:

- Satélites con una plataforma manufacturada por Alcatel Space.
- Satélites con una plataforma manufacturada por Astrium.
- Satélites con una plataforma Italsat.
- Satélites con una plataforma SSTL (Surrey).
- Satélites con una plataforma Boeing.
- Satélites con una plataforma SS/L (SS Loral).
- Satélites con una plataforma LM (Lockheed Martin).
- Satélites con una plataforma Orbital (OSC).

3.1.2. Satélites usados por el Cospas-Sarsat

Como hemos indicado anteriormente el sistema Cospas – Sarsat está provisto de satélites en órbita polar conocidos como satélites LEO (Low Earth Orbit) y satélites geoestacionarios o GEO (Geostationary Earth Orbit).

3.1.2.1. Satélites LEOSAR

El sistema de satélites LEOSAR comprende cuatro satélites, dos satélites Cospas y dos satélites Sarsat.

Los satélites Cospas son dos satélites rusos colocados en orbitas casi polares a 1000 Km de altitud y equipados con instrumentación SAR a frecuencias de 121.5 y 406 MHz.

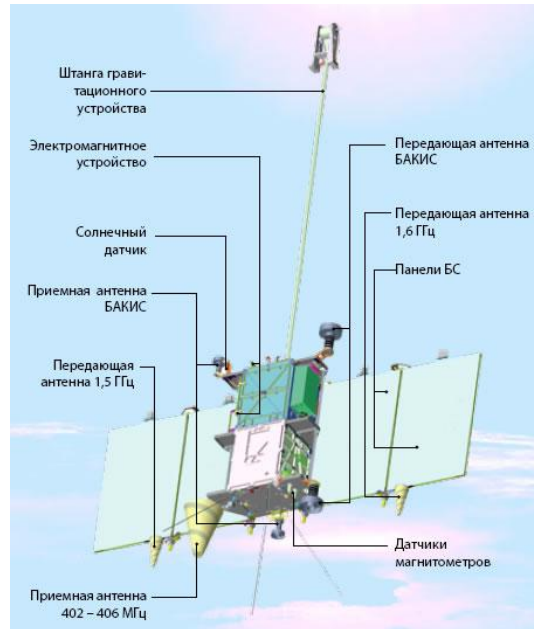


Figura 4. Esquema de un satélite ruso del tipo Sterkh 2.

Los satélites Sarsat son dos satélites americanos (concretamente satélites meteorológicos de la NOAA) situados en sincronismo con el sol y en orbitas casi polares a unos 850 Km de altitud, equipados con instrumentación SAR canadiense y francesa a frecuencias de 121.5 y 406 MHz.

Cada satélite da una vuelta completa a la órbita terrestre alrededor de los polos en unos 100 minutos, viajando a una velocidad de 7 Km por segundo. El satélite ve una franja de la tierra de 4000 Km de amplitud mientras rodea el globo, proporcionando un campo de visión instantáneo del tamaño de un continente. Visto desde la tierra uno de estos satélites es capaz de cruzar el cielo en unos 15 minutos, dependiendo del ángulo máximo de elevación de la pasada.

Los satélites LEOSAR tienen tres unidades básicas:

- Una plataforma moviéndose en orbita polar que sirve para montar los otros miembros. Es una estructura no dedicada a la misión SAR y normalmente transporta otras cargas.
- Una repetidor (SARR) de 121.5 MHz en los satélites Cospas, y otro de 121.5/243 y 406 MHz en las unidades Sarsat. Ambos diseñados para retransmitir las señales de socorro en el modo de cobertura local.

- Un receptor – procesador y unidad de memoria (SARP) en los satélites Cospas y Sarsat diseñado para recibir, procesar y almacenar señales recibidas a 406 MHz para retransmitirlas en los modos de cobertura local y global.

3.1.2.2. Satélites GEOSAR

El sistema de satélites GEOSAR esta compuesto por satélites geoestacionarios con la capacidad de repetir las transmisiones de las radiobalizas Cospas – Sarsat de 406 MHz. Estos satélites geoestacionarios orbitan alrededor de la tierra a una altitud de 36.000 Km, con un periodo de órbita de 24 horas y apareciendo relativamente fijados a la tierra con una latitud de 0 grados. Mientras un único satélite geoestacionario provee una subida de datos de aproximadamente un tercio del globo (exceptuando las zonas polares), tres satélites igualmente espaciados en longitud pueden proveer la cobertura continua de todo el globo entre aproximadamente 70°N y 70°S.

Los satélites GEOSAR realizan varias funciones ya que transportan varias cargas además de la carga de la misión SAR de 406 MHz. Las cargas GEOSAR consisten en una antena de 406 MHz y su receptor, además de un transmisor de bajada de datos. La frecuencia del transmisor de bajada puede variar según la plataforma geoestacionaria que transporte la carga de 406 MHz.

Las cargas GEOSAR están provistas a bordo de los satélites geoestacionarios por Estados Unidos, Europa (a través de la “European Meteorological Satellite Organization) y la India.

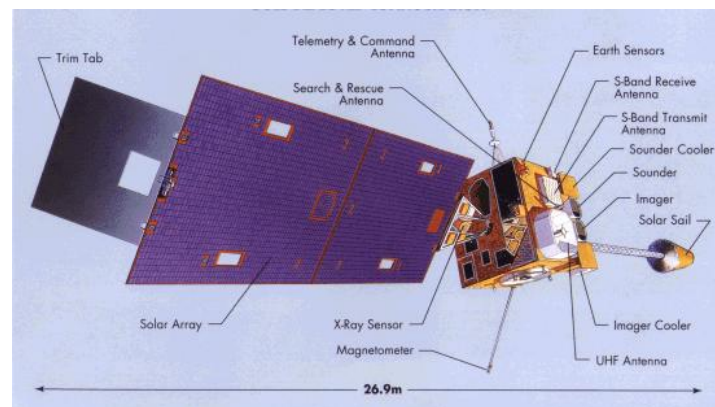


Figura 5. Esquema de un satélite GOES – 11W.

3.2. Funcionamiento de los satélites

Hasta febrero de 2009, los satélites LEO daban servicio al sistema LEOSAR del Cospas – Sarsat pudiendo funcionar a 121.5 MHz (cobertura local) o a 406 MHz (cobertura local y global), mientras que los satélites GEO dan servicio al sistema GEOSAR del Cospas – Sarsat funcionando a 406 MHz (cobertura global).

Actualmente, han pasado a funcionar a 406 MHz tanto en cobertura local, como en cobertura global.

3.2.1. Sistema Cospas – Sarsat a 121.5 Mhz

La frecuencia 121.5 MHz es una frecuencia de emergencia aeronáutica. Las radiobalizas de 121.5 MHz aparecieron a mediados de los 70 y su función no es otra que enviar una señal a los satélites LEOSAR del Cospas – Sarsat. Estos satélites reenviaban la señal a las estaciones receptoras en tierra para poder determinar la localización de la radiobaliza mediante el efecto Doppler. La información transmitida a esta frecuencia era estable mientras la radiobaliza estuviese en el campo de visión del satélite.

La finalidad de que los satélites estén en una órbita casi polar no es otra que mejorar la transmisión. Sin embargo, la exactitud en la localización de las radiobalizas de 121.5 MHz no era tan buena como la obtenida con las radiobalizas de 406 MHz. Esto se debe a que la estabilidad de la frecuencia de las emisiones de 121.5 MHz es insuficiente. El que los satélites estén a baja altitud se refleja en que la energía requerida para la subida de datos sea baja, el efecto Doppler sea más pronunciado y que el intervalo de tiempo entre las pasadas sucesivas de los satélites sea pequeño.

La órbita casi polar de los satélites podría haber provisto de cobertura global, pero las alertas a 121.5 MHz solo se retransmitían si el satélite estaba al mismo tiempo en el campo de visión de una estación terrestre receptora. Estos condicionantes implicaban que el sistema de 121.5 MHz limitase la cobertura útil a un área de unos 3.000 Km alrededor de cada estación receptora terrestre con la que el satélite pudiese tener visibilidad simultánea.

Debido a estas razones y a que la radiofrecuencia a 121.5 MHz generaba un gran número de interferencias y falsas alarmas, se procedió, en febrero de 2009, al cese de las retransmisiones a los satélites en dicha frecuencia.

3.2.2. Sistema Cospas – Sarsat a 406 MHz

El sistema Cospas – Sarsat a 406 MHz utiliza el sistema de satélites LEOSAR ya sea en modo local o en modo global y el sistema de satélites GEOSAR en modo global. A continuación podemos ver el funcionamiento de cada uno de ellos.

3.2.2.1. Sistema LEOSAR a 406 MHz

El sistema LEOSAR a 406 MHz utiliza el mismo sistema de satélites en órbita casi polar que usa el sistema a 121.5 MHz descrito anteriormente. A pesar de operar con las mismas restricciones resultantes de la cobertura discontinua que conceden los satélites LEOSAR, a esta frecuencia obtenemos una mejora considerable de su funcionamiento. Esto se debe a que, al usar satélites orbitando a baja altitud, se obtiene un fuerte efecto Doppler a la hora de la subida de la señal permitiendo el uso de las técnicas de posicionamiento Doppler.

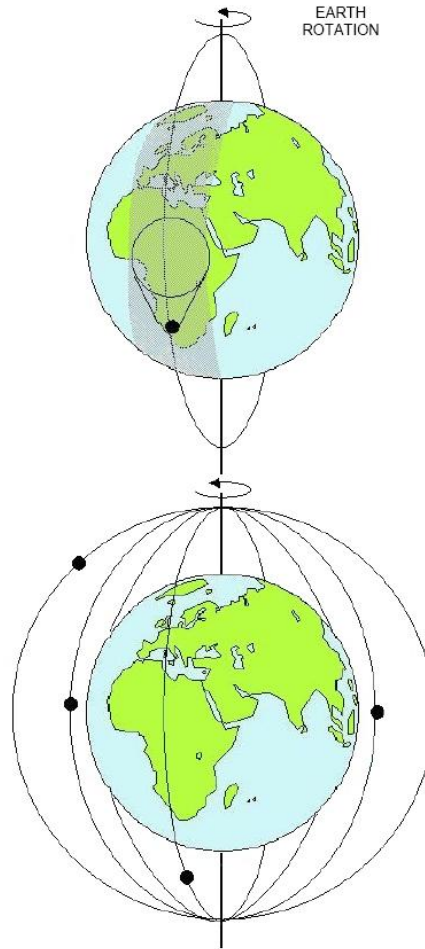


Figura 6. Satélites en Órbita Polar mostrando una constelación de uno (arriba) y cuatro satélites (abajo)

El sistema de satélites LEOSAR a 406 MHz opera en dos modos de cobertura diferentes para la detección de radiobalizas, el modo de cobertura local y el de cobertura global.

3.2.2.1.1. Modo local a 406 MHz

En este modo, la estación terrestre receptora (LUT) que está haciendo el seguimiento del satélite recibe y procesa las señales que las radiobalizas situadas en el campo de visión del satélite están retransmitiendo.

Cuando el satélite recibe la señal de una radiobaliza a 406 MHz, el procesador SARP instalado a bordo recupera la información digital incluida en la señal de la radiobaliza, mide el desplazamiento Doppler y clasifica la información. El resultado de este proceso se transforma en una información digital y se transfiere al repetidor de bajada de datos para su transmisión a alguna estación receptora terrestre a la vista.

Esta información es, a la vez, almacenada en el satélite para una posterior transmisión hacia tierra que permitirá su procesamiento en el modo global.

3.2.2.1.2. Modo global a 406 MHz

En este modo, las estaciones terrestres receptoras (LUTs) reciben y procesan los datos provenientes de radiobalizas retransmitiendo desde cualquier parte del mundo.

Cuando el satélite recibe dichos datos, el receptor SARP provee de una cobertura global mediante el almacenamiento (en la unidad de memoria del satélite) de información derivada del procesamiento a bordo de señales provenientes de las radiobalizas. El contenido de la memoria es difundida continuamente mediante la bajada de datos del satélite. De esta forma, cada radiobaliza puede ser localizada por todas las estaciones receptoras terrestres que sigan al satélite. Esto permite la cobertura global a 406 MHz e introduce una redundancia en el procesamiento de dichos datos en tierra.

Hay que denotar, que este modo nos ofrece una ventaja importante sobre el modo de cobertura local en lo que respecta a los tiempos de alerta cuando la radiobaliza está en la zona de cobertura de una estación receptora terrestre. Mientras el mensaje de la radiobaliza se almacene en la memoria del primer satélite capaz de divisarla, el tiempo no dependerá de que haya también visibilidad simultánea con una estación receptora terrestre como pasa en el modo de cobertura local. Así conseguimos que el tiempo total se reduzca considerablemente mientras se pueda difundir el mensaje de la radiobaliza a la primera estación receptora terrestre disponible.

3.2.2.2. Sistema GEOSAR a 406 MHz

El sistema GEOSAR a 406 MHz se basa en el uso de repetidores de 406 MHz transportados a bordo de varios satélites geoestacionarios que transmitan una señal a la estación receptora terrestre indicada (llamadas GEOLUTs). Estas estaciones tienen la capacidad de detectar las transmisiones de una radiobaliza, con tecnología Cospas – Sarsat, que han sido reenviadas por un satélite geoestacionario.

Mientras un satélite GEOSAR permanezca fijado relativamente a la Tierra, no es posible apreciar un efecto Doppler en la frecuencia recibida. Por lo tanto, las técnicas de posicionamiento Doppler no se pueden utilizar para localizar la señal de socorro de la radiobaliza. Por lo que para facilitar la información sobre la posición de la radiobaliza, dicha información deba ser:

- adquirida por la baliza a través de un receptor (interno o externo) de navegación y codificada en el mensaje de dicha radiobaliza,
- facilitada, con posibles retrasos, por el sistema LEOSAR. Esto sucederá, especialmente, en los casos en que la radiobaliza no disponga de señal de identificación o el accidente haya ocurrido en zonas polares.

3.3. Estaciones en tierra que controlan que orbiten correctamente

El Plan Nacional de Búsqueda y Rescate de los EEUU, actualizado y firmado por las partes participantes, incluyendo a la NASA desde 2007, establece que “la NASA dará soporte para alcanzar los objetivos del programa SAR mediante la investigación y desarrollo o la aplicación de la tecnología de búsqueda, rescate, supervivencia tales como la instalación de sistemas de seguimiento, transmisores, receptores y antenas capaces de localizar cualquier tipo de radiobaliza en estado de emergencia”.

A raíz de esto, el principal organismo que ofrece apoyo en la realización de ensayos para el mantenimiento y la optimización del sistema Cospas – Sarsat, además de proveer la tecnología aeroespacial necesaria que la comunidad SAR requiere y realizar una valiosa investigación en el desarrollo de nuevos conceptos del sistema, es la Oficina de Búsqueda y Rescate del Centro Goddard de Vuelo Espacial de la NASA (GSFC).

Dicho centro cuenta con el Laboratorio de Evaluación y Desarrollo del Sistema (SEDL), que contiene los subsistemas necesarios para rastrear y realizar pruebas en los satélites medioambientales y de navegación que integran el Cospas – Sarsat. Actualmente, la SEDL está dotada con la mayoría de los equipamientos y funciones de la primera generación de LUTs de los EEUU e incorpora equipos de ensayo especializados y sistemas de antenas mejorados con la intención de realizar las pruebas antes mencionadas.



Figura 7. Imagen del Oficina de Búsqueda y Rescate del Centro Goddard de Vuelo Espacial de la NASA (GSFC).

4. Segmento Activación

El uso de satélites para detectar y localizar accidentes (marítimos, aéreos o terrestres) es altamente necesario para poder reducir el tiempo requerido para alertar a las autoridades pertinentes y para la localización final del lugar del aviso por parte de los equipos de rescate.

Esta claro pues, que para que los satélites que actúan como repetidores de comunicaciones retransmitiendo a las estaciones terrestres las señales de alerta emitidas por un buque/aeronave/persona nos faciliten dicha labor, necesitamos unas radiobalizas con unas características especiales con las que emitir dichas señales de alerta.

Tanto la Organización Marítima Internacional (IMO) como la Organización Internacional de Aviación Civil (ICAO) recomiendan que barcos y aviones vayan equipados con radiobalizas marinas (EPIRBs) y con radiobalizas aéreas (ELTs), respectivamente. Además, en noviembre de 1988, la conferencia de gobiernos contratantes del convenio internacional para la Seguridad de la Vida en la Mar (SOLAS 1974) presente en la conferencia del Sistema Mundial de Socorro y Seguridad Marítimo (GMDSS) incluyó diversas enmiendas en el SOLAS/1974 obligando a que todo buque superior a 300Tn estuviese dotado de EPIRBs.

4.1. Descripción de los dispositivos encargados de la activación del sistema

Como hemos citado en el apartado anterior, los constituyentes de este segmento, no son otros que estas radiobalizas. Según el campo en el que se usan, las podemos clasificar en:

- A. Radiobalizas aéreas (ELTs).
- B. Radiobalizas marinas (EPIRBs).
- C. Radiobalizas de localización personal (PLBs).

4.1.1. ELTs

Son las radiobalizas situadas en aviones y conocidas como Emergency Locator Transmitters. Se caracterizan por tener una gran resistencia al impacto. Su activación suele ser automática (mediante el sistema *G-switch*, que responde a un impacto) aunque también puede ser manual. Disponen de 48 horas de autonomía.

Hasta febrero de 2009, la mayoría funcionaban a 121.5 MHz puesto que eran más económicas que las que funcionan a 406 MHz. Aún así, presentan un gran número de desventajas: tienen una baja potencia emitida (0.1W), todas las balizas emiten la misma señal, no son detectadas por el sistema GEOSAR (la cobertura no es global), tienen un gran error de posición (de 25 a 50km) y no llevan código de identificación. Además, en el 90% de las ocasiones en que se activan no son más que falsas alarmas.



Figura 8. Radiobaliza aeronáutica

4.1.2. EPIRBs

Son las radiobalizas usadas para operaciones marítimas y se conocen con el nombre de Emergency Position Indicating Radio Beacons. Se caracterizan por tener una flotación constante. Su activación puede ser manual o automática (mediante un detector hidrostático de 1 a 3m). Disponen de 48 horas de autonomía.

Hoy en día trabajan a 406 MHz, pero en algunos casos pueden incorporar un transmisor “homing” a 121.5MHz para permitir la localización precisa de la señal a los dispositivos SAR equipados con este sistema. A diferencia de las ELTs, las EPIRBs tienen cobertura global, mejoran la exactitud de localización, poseen una identificación única para cada radiobaliza e incrementan la capacidad del sistema.



Figura 9. Radiobaliza marítima

4.1.3. PLBs

Estas radiobalizas son utilizadas por individuos en áreas remotas (expediciones científicas y deportivas). Trabajan exclusivamente a 406 MHz por lo que tienen cobertura global y disponen de 48 horas de autonomía. A diferencia de las anteriores su activación es únicamente manual.



Figura 10. Radiobaliza personal

4.2. Modelos de los dispositivos usados por el C/S

4.2.1. Radiobalizas de 121.5MHz

Pese a que el COSPAS – SARSAT dejó de emitir en 121.5 MHz, se estima que todavía hay un gran número de balizas de este tipo. La mayoría de ellas se utilizan a bordo de aeronaves y requieren especificaciones nacionales basadas en las que da el ICAO.

Las características de transmisión normalizadas del ICAO no se establecieron con el fin de la recepción de las señales por satélite. Por lo tanto, el sistema Cospas-Sarsat de 121,5 MHz. estaba diseñado para servir a las balizas existentes, incluso con las limitaciones que supone el uso de las mismas. Parámetros tales como la capacidad del sistema (número de transmisiones simultáneas en el campo visual del satélite que pueden ser procesadas por la estación receptora terrestre) y la exactitud de la localización podían verse limitados. Normalmente no emitían información sobre el usuario, aunque en algunos modelos se incluía una señal Morse. De cualquier forma esta información no era automáticamente procesada por la estación receptora. A pesar de las limitaciones indicadas, la eficacia de las radiobalizas de 121,5 MHz se había incrementado mediante el uso de las técnicas Doppler de localización.

	121,5 MHz	406 MHz
Precisión de localización	12 millas	2 millas
Cobertura	Local	Global
Potencia de señal	0,1 Watt	5 Watt
Tipo de señal	Analógica	Digital
Tiempo de alerta	2 horas	Instantáneo
Localización Doppler	Dos pasos del satélite	Un paso del satélite (90%)
Localización GPS	NO	100 m de precisión

Figura 11. Comparación entre las frecuencias 121.5 MHz y 406 MHz

4.2.1.1. Fase de terminación del procesamiento de balizas de 121.5 MHz

Puesto que era desaconsejable el uso de las radiobalizas de 121.5 MHz debido a la imprecisión en la posición calculada, la baja potencia de transmisión, la falta de cobertura global, el gran número de interferencias, su falta de identificación y el elevado número de falsas alertas que generan; el consejo del Cospas- Sarsat decidió, con el fin de suprimir el uso de ésta frecuencia el 1 de febrero de 2009, que:

- A. Los Estados Unidos de América dejaron de instalar procesadores de 121.5/243 MHz en sus satélites, a partir de 2009,
- B. Los satélites rusos dejaron de transportar procesadores de 121.5 MHz en 2006,
- C. La frecuencia no sería eliminada ni su uso, dado que las radiobalizas de 406 MHz continuarían llevando un transmisor auxiliar a 121.5 MHz,

4.2.2. Radiobalizas de 406MHz

Esta generación de balizas que transmiten en 406 MHz fue introducida al principio del proyecto del Programa Cospas-Sarsat en 1979. En 1997, el número estimado de balizas de 406 MHz en uso era de 150.000 unidades, mientras que en 2007 se alcanzaron las 600.000 y a finales de 2009 de 950.000 unidades. Las radiobalizas de 406 MHz fueron diseñadas específicamente para la detección por satélite y localización Doppler, por lo que:

- Mejoran la exactitud de localización Doppler (1 a 5 kilómetros de error típico) y la resolución de la ambigüedad.
- Incrementan la capacidad del sistema (tiene mayor capacidad de procesamiento del número de balizas transmitiendo simultáneamente en el campo de visión del satélite).
- Proporcionan cobertura global.
- Poseen identificación única para cada una de ellas.

Además existe una segunda generación de radiobalizas de 406 MHz, introducidas en 1997, que proporciona un mensaje con la información de la posición de la misma durante el mensaje, con lo que la localización a través del sistema GEOSAR es inmediato.

El rendimiento del sistema es mayor dada la mejora en la estabilidad de la frecuencia de 406 MHz y por la dedicación de una sola frecuencia para operar.

Básicamente las radiobalizas de 406 MHz transmiten una ráfaga de 5 W RF de aproximadamente 0,5 segundos de duración cada 50 segundos. La frecuencia portadora es muy estable, siendo esta estabilidad la que asegura una mayor exactitud en la localización, mientras que la mayor potencia de emisión, incrementa la probabilidad de detección. También proporciona una capacidad mayor de acceso de más de 90 balizas operando simultáneamente en el campo de visión de un satélite de órbita polar, y un bajo consumo.

Una característica importante de las radiobalizas de emergencia de 406 MHz es el mensaje codificado, que proporciona información tal como el país de origen, identificación del barco o aeronave siniestrada y, opcionalmente, datos sobre la posición.

Un transmisor auxiliar (*homing transmitter*) suele incluirse en las balizas de 406 MHz para poder ser localizadas por los equipos de salvamento con el material adecuado. La mayoría de las EPIRBs y ELTs, incluyen un transmisor en 121,5 MHz de este tipo, de acuerdo con los requerimientos de IMO e ICAO. De cualquier forma las características de funcionamiento de los *homing transmitter* no están contempladas en las especificaciones del sistema Cospas-Sarsat.

<u>Parameter</u>	<u>Value</u>																
<u>RF Signal:</u>																	
Carrier frequency	406.025 – 406.037 MHz (Specific transmit frequency channel assigned in accordance with the Cospas-Sarsat 406 MHz Frequency Management Plan, (C/S T.012))																
Frequency stability:																	
• Short term	$\leq 2 \times 10^{-9} / 100 \text{ ms}$																
• Medium term																	
- Mean slope	$\leq 1 \times 10^{-9} / \text{minute}$																
- Residual freq. variation	$\leq 3 \times 10^{-9}$																
Power output	5 W $\pm 2 \text{ dB}$																
Data encoding	Bi-phase L																
Modulation	Phase modulation of $\pm(1.1)$ radians peak																
Failure mode	Continuous transmission of carrier not to exceed 45 s																
<u>Digital Message:</u>																	
Repetition Period	50 s $\pm 5\%$																
Transmission Time	440 ms (short message) 520 ms (long message)																
CW Preamble	160 ms																
Digital Message																	
• short message	112 bits (280 ms)																
• long message	144 bits (360 ms)																
Bit Rate	400 bps																
<u>Operating Temperature Range:</u>																	
• Class 1	- 40°C to + 55°C																
• Class 2	- 20°C to + 55°C																
Thermal shock	30°C temperature difference																
<u>Operating Life Time:</u>	at least 24 hours at minimum temperature																
<u>Message Structure:</u>																	
<table><tr><td>Synchronisation Pattern</td><td>Country Code No.</td><td>Identification or Ident. + Position Data</td><td>Error Correcting Code</td><td>Supplementary Data</td><td>Additional Data (optional)</td></tr><tr><td colspan="5">Short Message (112 bits)</td><td>Long Message Extension (32 bits)</td></tr></table>						Synchronisation Pattern	Country Code No.	Identification or Ident. + Position Data	Error Correcting Code	Supplementary Data	Additional Data (optional)	Short Message (112 bits)					Long Message Extension (32 bits)
Synchronisation Pattern	Country Code No.	Identification or Ident. + Position Data	Error Correcting Code	Supplementary Data	Additional Data (optional)												
Short Message (112 bits)					Long Message Extension (32 bits)												

Figura 12. Especificaciones técnicas de una radiobaliza de 406 MHz

4.3. Requisitos a cumplir por las radiobalizas marinas

Las radiobalizas contempladas en el SMSSM deben cumplir, al menos, alguno de los requerimientos siguientes:

- utilizar satélites de órbita polar baja del sistema Cospas – Sarsat, en la frecuencia de 406 MHz,
- utilizar satélites geostacionarios del sistema Inmarsat, en las frecuencias de 1,6 GHz o del sistema Cospas – Sarsat en la frecuencia de 406 MHz, pudiendo incluir el sistema GPS para determinar su posición,
- utilizar el sistema VHF con LSD en canal 70, limitándose su uso a embarcaciones que naveguen exclusivamente dentro de la zona marítima A1.

Además de ello, las radiobalizas de uso marino deben cumplir, obligatoriamente, los siguientes requisitos:

- ser de un tipo aprobado por la Dirección General de la Marina Mercante, estar codificada con el número de Identificación del Servicio Móvil Marítimo (MMSI, en inglés), asignado al buque por la DGMM,
- estar registrada con el nombre del buque portador en la base de datos de la DGMM,
- contar con un Certificado de Inspección vigente extendido por una entidad técnica reconocida por la DGMM,
- estar lista para ser soltada manualmente y ser transportada por una persona o una embarcación de salvamento,
- estar fijada de modo que pueda zafarse y flotar libremente en caso de hundimiento del buque, activándose una vez vuelva a flote o manualmente si fuera necesario.

5. Segmento Tierra

El segmento terrestre, también denominado segmento de control, está formado por todas instalaciones terrenas del sistema necesarias para cumplir el Plan de Distribución de la Información COSPAS – SARSAT. En orden de transmisión de dicha información, encontramos LUTs, MCCs, RCCs y SPOCs.

5.1. Estaciones receptoras

Las estaciones encargadas de recibir la información proveniente son las llamadas Local User Terminal (LUT) y se encargan, a grandes rasgos, de procesar los datos que envía el satélite, determinar los parámetros orbitales mediante la portadora del enlace de bajada del satélite y distribuir las alertas recibidas a los MCCs.

Según el tipo de satélite del que reciben la información se pueden clasificar en LEOLUTs y GEOLUTs.

5.1.1. LEOLUTs

5.1.1.1. Descripción

Las estaciones LEO reciben y procesan las alertas de las radiobalizas funcionando a 406 MHz que están vinculadas a los satélites leoestacionarios del sistema LEOSAR. Actualmente, existen 55 estaciones, distribuidas por todo el globo, que dan servicio a los a la constelación de satélites en órbitas polares.

La configuración y equipamiento de cada LUT puede variar para amoldarse a los requisitos específicos de los países participantes, pero los formatos de la señal de bajada de los satélites Cospas y Sarsat asegura la interoperabilidad entre diferentes satélites y todas las LUTs del sistema. Todas las LEOLUTs del sistema deben, como mínimo, procesar 2.4 kbps del flujo de información procesada (PDS) del sistema receptor-procesador (SARP) que provee la cobertura global a 406 MHz.

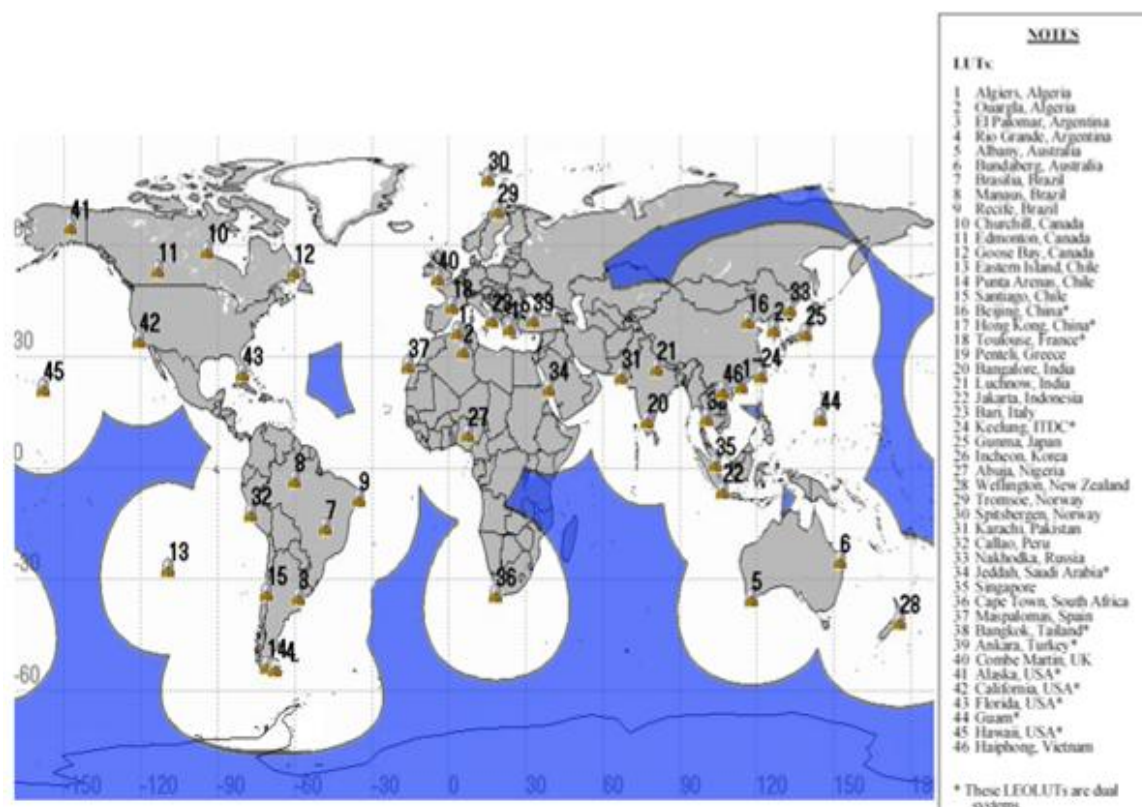


Figura 13. Localización de las estaciones terrestre LUT.

5.1.1.2. Funcionamiento

El procesamiento de la información SARP a 406 MHz (p.e. aquella que ha sido generada mediante las transmisiones a 406 MHz procesadas por el SARP del satélite) es relativamente sencillo desde que la frecuencia Doppler es medida y etiquetada a bordo del satélite. Toda la información a 406 MHz recibida desde la memoria del satélite, en cada paso del proceso, puede ser procesada en unos pocos minutos después de la finalización de la transmisión.

En la banda de repetición a 406 MHz (SARP) cada transmisión que realiza una radiobaliza es detectada y su información Doppler calculada. Entonces, la posición de una radiobaliza se determina usando esta información que puede ser procesada por las LEOLUTs separada o conjuntamente con la información SARP a 406 MHz.

Las estaciones LEO pueden mejorar su procesamiento Doppler de información SARP o SARR combinándolo con información GEOSAR. La combinación LEO/GEO de procesados le permite al sistema Cospas – Sarsat calcular localizaciones Doppler en casos donde la información proporcionada por una LEOLUT no es suficiente para poder localizar una baliza.

Con el fin de mantener la precisión en la localización, se realiza una corrección de la efemérides del satélite cada vez que la estación terrestre recibe una señal del satélite. La portadora de bajada se puede monitorizar para conseguir una señal Doppler, mediante el uso de la posición de una LUT como referencia. En su defecto, se pueden usar

radiobalizas con un calibrado altamente estable a 406 MHz, situadas en puntos conocidos con gran exactitud, para actualizar la información de la efemérides.

Por tanto, lo que se espera de las LEOLUTs es que sean capaces de proporcionar a la comunidad SAR una alerta y una información de la posición totalmente fidedigna, sin restricciones en su uso y distribución. Las secciones encargadas del funcionamiento y operaciones del segmento espacial suministran, al personal de las LEOLUTs, la información del sistema necesaria para el correcto funcionamiento de éstas. Para asegurarse que la información facilitada por una LUT es fiable y, por tanto, puede ser usada en una operación de rescate por la comunidad SAR, el Cospas –Sarsat ha desarrollado unas especificaciones para la mejora de las LEOLUTs. Es por esto, que los operarios de las LEOLUTs envían informes regulares del funcionamiento de su LUT para que sean revisados durante las convenciones del Cospas – Sarsat.

5.1.2. GEOLUTs

5.1.2.1. Descripción

Las estaciones GEO reciben y procesan las alertas de las radiobalizas funcionando a 406 MHz que están vinculadas a los satélites geoestacionarios del sistema GEOSAR que proporcionan una monitorización constante de la banda de frecuencia. Actualmente existen 21 GEOLUTs dando apoyo a la constelación de satélites geoestacionarios y están repartidas a lo largo de la superficie terrestre.

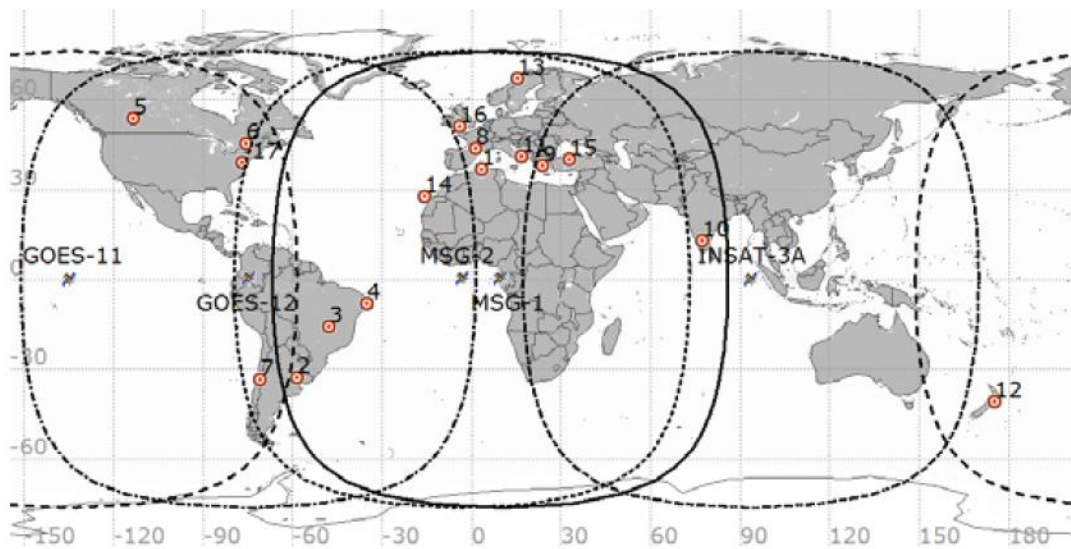


Figura 14. Cobertura ofrecida por los satélites geoestacionarios

Una GEOLUT está formada por los siguientes componentes:

- el subsistema formado por antena y radio frecuencia,
- un procesador,
- el subsistema de referencia de tiempo y,
- la interfaz con el MCC.

5.1.2.2. Funcionamiento

Casi tan pronto como la radiobaliza es activada en la zona de cobertura monitorizada por el satélite, puede ser detectada por la LUT. Puesto que no hay movimiento relativo entre la radiobaliza y el satélite, no es posible la utilización del efecto Doppler para calcular la posición del dispositivo de emergencia. Sin embargo, cuando la información de la posición se incluye, gracias al uso de un navegador interno o externo, en el mensaje digital de una baliza de 406 MHz, dicha información se puede enviar junto con el mensaje de alerta al MCC para su posterior envío al MCC, RCC o SPOC correspondiente.

Es de esperar que los operarios de las GEOLUTs sean capaces de proporcionar a la comunidad SAR la información totalmente fiable de la alerta, sin restricciones en su uso y distribución. Por tanto, para asegurarse que la información facilitada por una LUT es fiable y que puede ser usada en una operación de rescate por la comunidad SAR, el Cospas – Sarsat ha desarrollado unas especificaciones para la mejora de las GEOLUTs. Es por esto, que los operarios de las GEOLUTs envían informes regulares del funcionamiento de su LUT para que sean revisados durante las convenciones del Cospas – Sarsat.

5.1.3. Otras (fuera del sistema C/S, p.e. MEOLUTs)

Actualmente se está construyendo una red de estaciones terrestres para la detección, seguimiento y procesamiento de datos de satélites orbitando a media distancia (20.000km). Se prevé la cooperación con este tipo de estaciones debido a que varios países y organizaciones están intentando desarrollar tecnología SAR que pueda ser transportada a bordo. Sin ir más lejos, el Comité del Cospas – Sarsat ya ha firmado un documento de cooperación con el futuro sistema Galileo para el uso de sus sistemas de órbita media que llevarán, entre otras, una carga útil SAR.

5.2. Centros de Control de la Misión (MCCs)

5.2.1. Descripción

Los Mission Control Centres (MCCs) son los centros de control de la misión SAR a los que llega la información transmitida por una determinada LUT (habitualmente en el mismo país que el MCC). Existen un total de 30 MCCs distribuidos alrededor de todo el globo y sirviendo a los RCCs y SPOCs que tienen vinculados.

Los MCCs se localizan en aquellos países en los que opera, al menos, una LUT. Sus funciones principales son:

- recoger, almacenar y clasificar la información que reciben de las LUTs o de otros MCCs,
- proporcionar el intercambio de datos del sistema Cospas – Sarsat,
- distribuir las alertas y la información sobre su localización a los RCCs o SPOCs asociados.

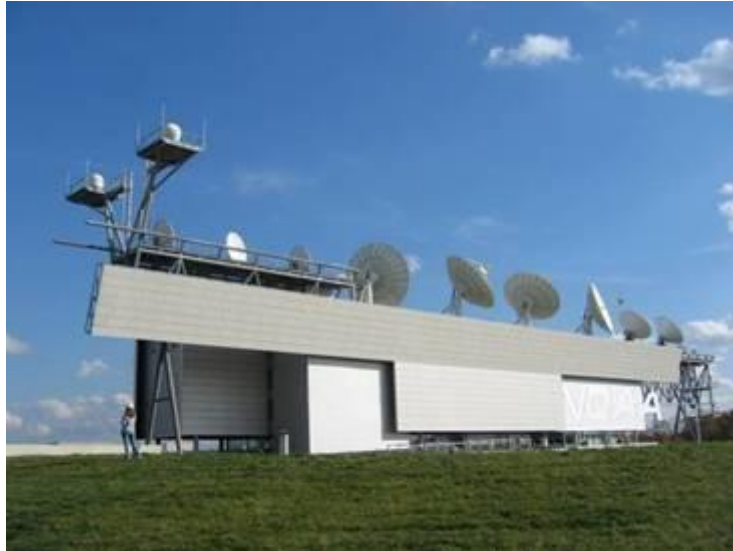


Figura 15. USMCC en Suitland, EUA

La información obtenida la podemos clasificar en dos grupos: información de alerta e información del sistema.

La información de alerta es la expresión genérica utilizada para denominar la información a 406 MHz derivada de una llamada de socorro de una radiobaliza. Ésta información de alerta siempre debe incluir la identificación de la radiobaliza y debe adjuntar la localización Doppler y/o información codificada de la posición y otra información codificada.

La información del sistema es usada, en un primer término, para mantener el sistema operando a alto rendimiento y para poder proporcionar a los usuarios una información de alerta puntual y precisa. Para ello realizan un mantenimiento de las efemérides de los satélites y del ajuste de los relojes del sistema.

5.2.2. Funcionamiento

Todos los MCCs del sistema están interconectados entre sí, mediante las redes apropiadas, para la distribución de la información del sistema y de la información de alerta. Para asegurar la fiabilidad y la integridad de la distribución de la información, el Cospas – Sarsat ha desarrollado unas especificaciones de mejora de los MCCs y unos procedimientos a seguir. Además, durante las reuniones del Cospas – Sarsat, se estudian los informes periódicos de las operaciones de los MCCs. Por si esto no fuera suficiente, se realizan, de vez en cuando, una serie de ejercicios (basados en el intercambio de datos) a nivel mundial para comprobar el estatus operacional y las mejoras de todas las LUTs y los MCCs.

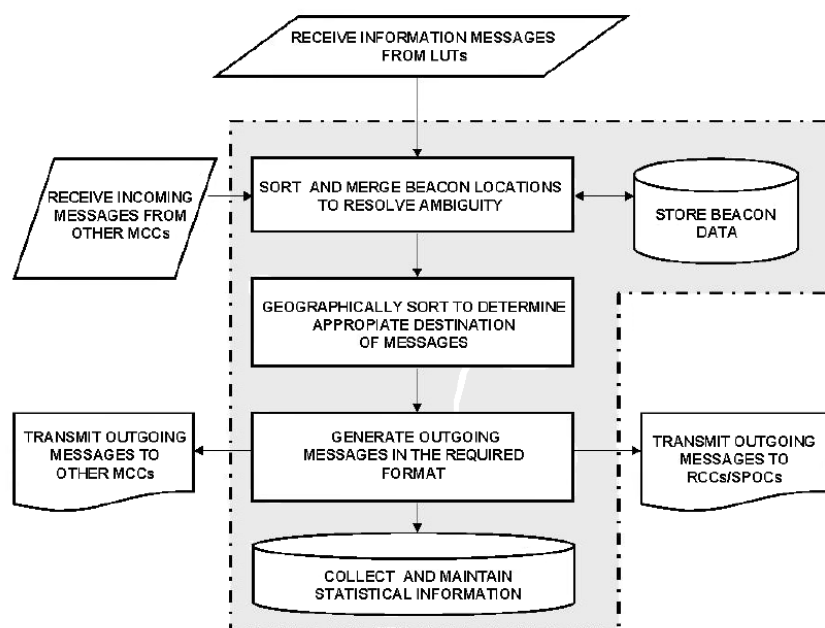


Figura 16. Camino que debe seguir la llamada de socorro en la LUT

Cada MCC se responsabiliza de la distribución de toda la información de alertas de avisos localizados en su área de servicio. El área de servicio de una MCC incluye las Regiones de Búsqueda y Rescate (SRRs) en las que las autoridades nacionales de dicha MCC proporciona o facilita dispositivos SAR y aquellas regiones de otros países con las que la MCC tiene acuerdos sobre alertas Cospas – Sarsat.

Las áreas de servicio de las MCCs están establecidas mediante la coordinación de los proveedores del segmento terrestre (p.e. LUT – MCC), a través del Comité del Cospas – Sarsat, teniendo en cuenta:

- la situación geográfica y los límites de las SRR,
- la infraestructura en comunicaciones,
- los acuerdos SAR existentes, tanto nacionales como en operaciones bilaterales con otros países.

De acuerdo con las áreas de servicio de las MCCs descritas en el Plan de Distribución de Información, cuando una MCC recibe la transmisión de una radiobaliza localizada fuera de su área de servicio, dicha alerta debe ser retransmitida al MCC que sirve dentro del área donde se encuentra la radiobaliza o eliminada si la alerta se ha recibido vía otra LUT/MCC.

Para mejorar la distribución de la información entre las, cada vez más, MCCs, las áreas de servicio de éstas se han reagrupado en un pequeño número de Regiones de Distribución de Información (DDRs) y una MCC de cada región, actuando como nodo dentro de la red de comunicaciones, se encarga del intercambio de información entre DDRs.

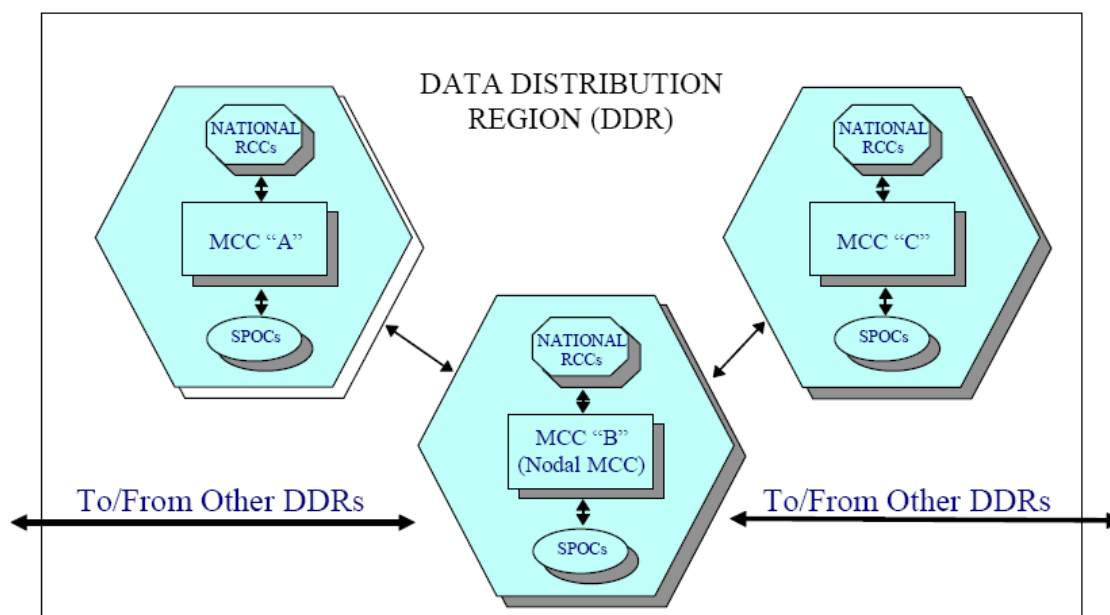


Figura 17. Distribución de la información dentro de una región SAR

A continuación, gracias a la información proporcionada por Emilia Melián, miembro del Instituto Nacional de Técnica Aeroespacial (INTA) y jefa del SPMCC en el Centro Espacial de Canarias veremos el ejemplo más cercano que posee nuestro país, la estación de seguimiento de Maspalomas.

5.2.3. MCC en España. Maspalomas

La estación de seguimiento de Maspalomas, también conocida como Centro Espacial de Canarias (CEC) y gestionado por el Instituto Nacional de Técnica Aeroespacial (INTA), está localizada al sur de la isla de Gran Canaria, en coordenadas 15.43° O longitud y 27.84° N latitud, a unos 100 km de la costa africana. Con una extensión de unas 20 Ha, disfruta de una óptima ubicación geográfica debido a su total radio de visibilidad por encima de 5° de elevación, siendo idónea tanto para la adquisición de datos de satélites de observación de la Tierra como para comunicaciones con satélites geoestacionarios.

Originalmente, esta estación fue construida en 1960 por la NASA para dar servicio al programa Mercurio. Hasta el 1975, año en que fue transferida al INTA, se utilizó en los proyectos Mercurio, Géminis, Apolo, Apolo – Soyuz y Skylab. En los años 80 dio servicio a diversos programas (ESRIN, EURECA, XMM) de la Agencia Espacial Europea y no fue hasta 1992 que se incluyó como estación LUT – MCC del sistema COSPAS – SARSAT.

Actualmente, el CEC está perfectamente equipado para suministrar servicios de telemando, teledata y seguimiento de vehículos espaciales, así como para la monitorización y control, calibración de medida y determinación orbital, procesamiento de datos e imágenes y soporte a misiones espaciales internacionales. Las actividades del INTA relacionadas con el seguimiento y control de satélites se desarrollan en cinco áreas específicas:

- MER (Main Equipment Room) SUR: operaciones de TTC y COSPAS-SARSAT.
- MER CENTRO: En renovación para albergar el centro de control alternativo del Programa Nacional de Observación de la Tierra.
- MER NORTE: operaciones de teledetección, adquisición, grabación, proceso y distribución de datos de observación de la Tierra de otras misiones (NOAA, SEASTAR, LANDSAT, ERS, SPOT e IRS-P3).
- Sala de operación del programa CREPAD (Centro de Recepción, Proceso, Archivo y Distribución de Imágenes de Observación de la Tierra).
- Sala de control XTAR-SPAINSAT: Operación del programa de satélites de comunicaciones del Ministerio de Defensa español y Centro de Control de reserva para el satélite SPAINSAT.



Figura 18. Vista aérea de la estación receptora Maspalomas

Para realizar todas estas actividades, la Estación de Maspalomas cuenta con los siguientes sistemas/subsistemas de comunicaciones:

- Estaciones terrenas TTC.
- Sistemas de enlace ascendente y descendente, determinación de posición, pruebas, frecuencia y tiempo.
- Estaciones VSAT.
- Centros de control.
- Centros de recepción de cargas útiles.
- Estaciones de usuario.
- Redes integradas y de comunicaciones.
- Centros de proceso de datos.
- Sistemas de comunicaciones de recepción y transmisión.

- Sistemas de telecomando y telemetría.
- Estaciones de trabajo y multiprocesadores.
- Estaciones meteorológicas.
- Sistemas de monitorización y control.
- Sistemas robóticos de archivado de productos de observación de la Tierra.
- Sistemas de transmisión de datos.
- Cadenas de recepción y demodulación.
- Sistemas de grabación en tiempo real.
- Líneas de procesado.

Gracias al completo equipamiento anteriormente descrito, Maspalomas está acreditada como MCC (Main Control Centre) español del Sistema COSPAS- SARSAT actuando, a su vez, como uno de los centros nodales del sistema. Por tanto, además de dar cobertura a los Puntos de Contacto SAR españoles, también proporciona la información de alerta necesaria a Benín, Camerún, Cabo Verde, África Central, Republica del Congo, Costa de Marfil, Guinea Ecuatorial, Gabón, Gambia, Ghana, Guinea, Guinea – Bissau, Liberia, Mali, Mauritania, Santo Tomé y Príncipe, Senegal, Sierra Leona y Togo.

5.3. Centros de Rescate y Coordinación (RCCs) y Puntos de Contacto SAR (SPOCs)

5.3.1. Descripción

Cada MCC distribuye la información de alerta del sistema a sus RCCs nacionales y a los correspondientes Puntos SAR de Contacto (SPOCs). Un SPOC es, generalmente, un RCC nacional que puede aceptar o asumir la responsabilidad de transferir cualquier información de alerta de avisos localizados dentro del área SAR de la que su país es responsable, definida como su Región de Búsqueda y Rescate.

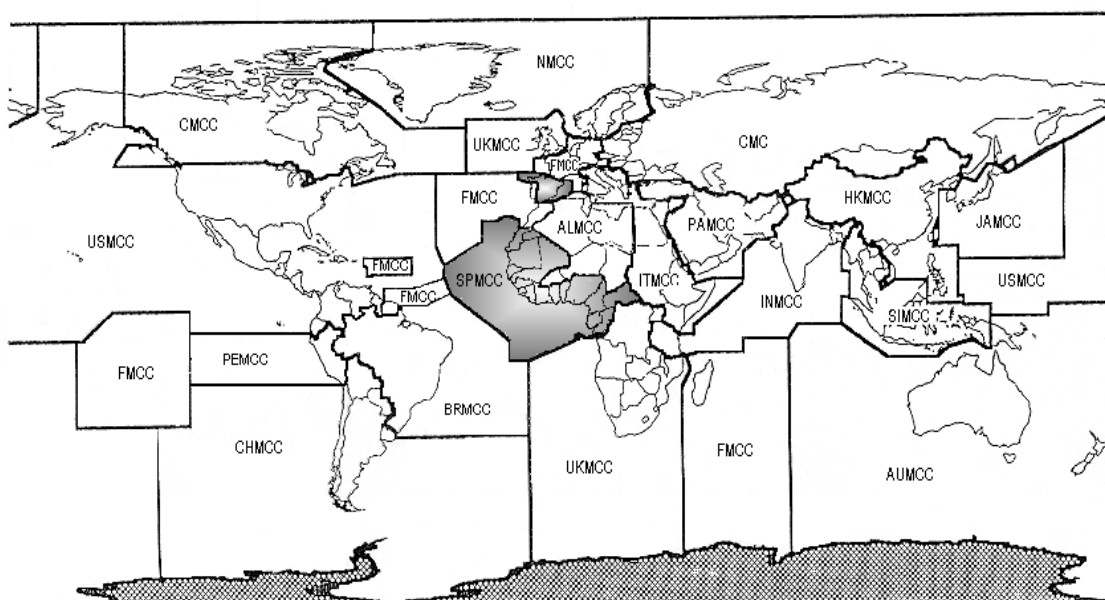


Figura 19. Área de cobertura que cubre el SPMCC

5.3.2. Funcionamiento

Los centros de Rescate y Coordinación y/o los puntos de contacto SAR son el penúltimo peldaño del sistema. Una vez recibida la información de alerta, y antes de poner en marcha los dispositivos disponibles que sean necesarios dependiendo del tipo de misión, estos centros se encargan de realizar las comprobaciones necesarias con el objetivo de verificar si la alerta es real o ha sido fruto de algún tipo de infortunio.

Fundamentalmente, las comprobaciones varían en función del procedimiento que sigue cada país, del tipo de buque al que pertenece la radiobaliza que ha emitido el aviso y de los medios que deben desplegarse para la realización del rescate.

Finalmente, y en caso de verificar que la alerta es real, los RCCS y/o SPOCs se encargarán de transmitir toda la información de la alerta a los dispositivos encargados del rescate para que estos procedan según el procedimiento operativo estipulado por cada país.

5.3.3. RCCs en nuestro país

España posee un RCC central situado en Madrid, conocido como Centro Nacional de Coordinación de Salvamento (CNCS), encargado de gestionar y distribuir toda información de alerta al resto de Centros de Coordinación de Salvamento (CCS) que actúan como RCCs o SPOCs.



Figura 20. Distribución de los Centros de Coordinación de Salvamento a lo largo del territorio español

5.4. Antenas de recepción

5.4.1. Tipos

Hoy en día existen una infinidad de tipos de antenas necesarias que forman parte y permiten el correcto funcionamiento de los diferentes sistemas de comunicación existentes. Por tanto, teniendo en cuenta sus diferentes aspectos, características, usos, etc., las podríamos clasificar en diversos grupos. Aún así, nos centraremos en aquellas que se clasifican según su banda de frecuencia, puesto que son las más relación guardan con nuestro sistema.

Tipo de Banda	Rango de Frecuencias
HF	1.8-30 MHz
VHF	50-146 MHz
P	0.230-1.000 GHz
UHF	0.430-1.300 GHz
L	1.530-2.700 GHz
S	2.700-3.500 GHz
C	Downlink: 3.700-4.200 GHz Uplink: 5.925-6.425 GHz
X	Downlink: 7.250-7.745 GHz Uplink: 7.900-8.395 GHz
Ku (Europa)	Downlink: FSS: 10.700-11.700 GHz DBS: 11.700-12.500 GHz Telecom: 12.500-12.750 GHz Uplink: FSS y Telecom: 14.000-14.800 GHz; DBS: 17.300-18.100 GHz
Ku (América)	Downlink: FSS: 11.700-12.200 GHz DBS: 12.200-12.700 GHz Uplink: FSS: 14.000-14.500 GHz DBS: 17.300-17.800 GHz
Ka	Entre 18 y 31 GHz

Tabla 1. Bandas de frecuencia

5.4.2. Descripción de las antenas usadas por el C/S

Según el tipo de satélites del que sea necesario recibir datos, y por tanto del tipo de estación terrestre que las va a instalar, las podemos clasificar en antenas LEOLUT y antenas GEOLUT.

5.4.2.1. Antenas LEOLUT

Son unas antenas del tipo “phased array” (literalmente, agrupación de antenas de fase) que permiten el seguimiento de satélites en órbita polar, por parte de las estaciones terrestres. Son antenas muy ligeras, montadas sobre una superficie elevada con motores

controlados digitalmente que ofrecen toda la gama de movimientos necesaria para realizar el seguimiento de los satélites COSPAS-SARSAT.

El radomo reforzado y la base de aluminio de las antenas LEOLUT son resistentes a la corrosión proporcionando años de uso sin necesidad de mantenimiento. La sección inferior cruzada del radomo permite a la antena operar con vientos de hasta 300 km/h, asegurando su funcionamiento en caso de situaciones extremas durante una emergencia.

El proveedor principal de este tipo de antenas para la mayoría de las estaciones terrestres del sistema Cospas – Sarsat es la empresa EMS Global Tracking.



Figura 21. Antena de recepción LEOLUT

5.4.2.2. Antenas GEOLUT

Son antenas parabólicas fijas que permiten a las estaciones GEOLUT recibir alertas de socorro retransmitidas mediante un satélite GEOSAR del sistema Cospas – Sarsat. Son antenas robustas con una gran precisión parabólica y lleva ensamblado un módulo de RF apto para recibir y convertir la señal GEOSAR de enlace descendente.

Las antenas GEOLUT, al igual que las antenas LEOLUT, se fabrican para resistir a la corrosión con la intención de proporcionar un mantenimiento cero. Pese a la estabilidad de su estructura, este tipo de antenas solo permite operar hasta con vientos de hasta 110 km/h.

La empresa EMS Global Tracking también es la principal proveedora de este tipo de antenas para las estaciones terrestres del sistema Cospas – Sarsat.



Figura 22. Antena de recepción GEOLUT

5.4.2.3. Antenas facilitadas por el MCC español

La estación de seguimiento de Maspalomas cuenta con dos antenas RX GEO de 4,8m para el seguimiento de los satélites GEOSAR, una antena RX LEO de 2,4m y una antena de 3.5m en banda L para los LEOSAR.



**4,8 m ANTENA RX GEO
(Cospas-Sarsat GOES-East)**



**2,4 m ANTENA RX LEO
(Cospas-Sarsat)**

Figura 23. Antenas localizadas en el MCC de Maspalomas



Figura 24. Antena GEOLUT Axiom Model 50 RF

5.5. Sistemas de reenvío usados por el C/S

5.5.1. Tipos

Existen dos tipos de comunicaciones exigidos por el sistema para su uso en los MCCs:

- las comunicaciones por voz, para la coordinación general y el seguimiento/confirmación de ciertas transmisiones automáticas de mensajes y,
- las comunicaciones de datos que usan un formato de mensajes necesarios para la transferencia de información de alerta e información del sistema.

5.5.2. Descripción de los equipos de comunicación utilizados

Las comunicaciones por voz se realizan mediante la red pública de telefonía u otras redes telefónicas disponibles.

Todas las transmisiones de texto y datos entre MCCs, incluyendo los mensajes de alerta y los mensajes de información del sistema, deben realizarse exclusivamente en formato de caracteres de texto. Además, es requisito imprescindible del sistema, que todos los mensajes de los MCCs estén formados por series de octetos (donde un octeto son 8 bytes o un byte).

5.6. Otros métodos de reenvío

El sistema Cospas – Sarsat exige que los MCCs cuenten con algún sistema alternativo de envío de datos como sustituto de los anteriormente citados, en caso del fallo de éstos. A raíz de esto, se han creado unas redes internas del sistema, encargadas de proporcionar este servicio asegurando así el envío total de datos.

5.6.1. Redes internas del sistema

Existen tres redes principales encargadas de proporcionar el envío de datos.

5.6.1.1. Comunicaciones X.25

El protocolo X.25 proporciona una capacidad de detección y corrección del error inherente requerida para las comunicaciones fiables entre los MCCs.

Mientras que la red X.25 permite a las MCCs establecer enlaces de información en tiempo real, las recomendaciones del Comité Consultivo Internacional Telegráfico y Telefónico no especifican como se deben intercambiar los mensajes a través de estos enlaces. Es por esto que el Cospas – Sarsat proporciona unos estándares sobre intercambio de información entre MCCs. Aún así, se espera que las MCCs sigan, a su vez, las recomendaciones del CCITT que se pueden encontrar publicadas en el “CCITT Blue Book”.

Debido a que los servicios X.25 se están extinguiendo en muchos países y que los costes de usuario se han incrementado, se está procediendo a eliminar el protocolo X.25 del sistema de comunicaciones entre MCCs.

5.6.1.2. Comunicaciones por Protocolo de Transferencia de Archivos (FTP)

El FTP es un protocolo de Internet que se puede utilizar para intercambiar mensajes entre MCCs. Es altamente fiable gracias a su capacidad de detección y corrección de error inherente. Cada MCC que use la comunicación vía FTP debe cumplir los estándares descritos en el “Internet Engineering Task Group document RFC – File Transfer Protocol”. Además, dicha comunicación debe cumplir, a su vez, los estándares especificados por el Cospas – Sarsat.

Todos los servidores FTP usados para el intercambio de mensajes SIT deben ser vinculados usando, exclusivamente, Redes Virtuales Privadas (VPNs) de internet.

5.6.1.3. Comunicaciones AFTN/AMHS

La Red Fijada de Telecomunicaciones Aeronáuticas (AFTN) es un sistema mundial que proporciona comunicaciones por protocolo punto a punto para mensajes de texto. El acceso a la red AFTN está restringido a terminales que operan en posiciones controladas, como pueden ser los Centros de Control del Tráfico Aéreo o los MCCs. La red opera a tasas de envío de datos bastante bajas (300 o 9600 baudios). Los estándares y procedimientos a seguir están controlados por la ICAO y están detallados en el Anexo 10 de la Convención Internacional de Aviación Civil. El Cospas – Sarsat también proporciona una guía para el uso de las redes AFTN en la transmisión de mensajes entre MCCs.

Actualmente, la ICAO está procediendo a la sustitución del sistema AFTN por el Aeronautical Message Handling System (AMHS). La transición del AFTN al AMHS se irá realizando gradualmente con la intención de cumplir los requisitos que imponen las administraciones. Se espera que esta transición mejore los servicios de comunicación en muchas regiones del mundo y no debería provocar un impacto negativo en el uso del sistema AFTN por el sistema Cospas – Sarsat.

5.6.2. Métodos adicionales de comunicación

El Cospas – Sarsat también contempla el uso de otros sistemas auxiliares de comunicación, que puedan implementar el funcionamiento y la cobertura de un MCC. Es por esto que muchos MCCs y centros nodales disponen de comunicaciones vía fax o “International Telex”.

6. Funcionamiento Operativo

6.1. Centros de Coordinación de Salvamento Marítimo -Torres de control

La Sociedad de Salvamento y Seguridad Marítima, Salvamento Marítimo, da respuesta a todas las emergencias que pueden surgir en la mar: rescates, búsquedas, evacuaciones médicas, remolque, lucha contra la contaminación, difusión de avisos a la navegación, potenciación de la seguridad del tráfico marítimo y, desde luego, la recepción y la inmediata respuesta a las llamadas de socorro desde la mar.

Para ejercer esta labor, Salvamento Marítimo coordina, desde sus 21 Centros de Coordinación de Salvamento distribuidos por toda la costa y cuya ubicación se ha determinado teniendo en cuenta las necesidades de cobertura de la franja litoral y de la zona SAR marítima española, los medios humanos y materiales propios, o pertenecientes a otras instituciones y organismos colaboradores nacionales, regionales o locales.

6.1.1. Funciones

Gracias al trabajo del personal técnico adscrito a los Centros de Coordinación de Salvamento que se encargan de controlar las emergencias marítimas desde los 21 Centros de Coordinación de Salvamento, la Sociedad de Salvamento y Seguridad Marítima atiende cualquier emergencia que pueda acontecer en los 1,5 millones de kilómetros cuadrados de zona marítima asignada a España en materia de búsqueda y salvamento además de la prevención y la lucha contra la contaminación marina, la vigilancia y control del tráfico marítimo, y el apoyo e información tanto a la Administración Marítima, como a otras administraciones e instituciones.

6.1.2. Distribución dentro del territorio español

Los Centros de Coordinación de Salvamento distribuidos por toda la costa española son:

- Los Centros de Coordinación de Salvamento ubicados en Tarifa, Finisterre y Almería tienen asignadas también las tareas de supervisión del tráfico marítimo a su paso por los Dispositivos de Separación de Tráfico establecidos en sus zonas.
- Los Centros de Coordinación de Salvamento existentes en Bilbao, Gijón, Santander, A Coruña, Vigo, Huelva, Cádiz, Algeciras, Almería, Cartagena, Valencia, Tarragona, Barcelona, Palma de Mallorca, Las Palmas de Gran Canaria y Santa Cruz de Tenerife, realizan además tareas de seguimiento del tráfico de buques en sus aproximaciones y salidas de los puertos donde se encuentran ubicados.
- El Centro de Coordinación de Salvamento ubicado en Palamós opera estacionalmente debido al incremento de emergencias que acaecen en esta zona durante el verano. Por último, el CCS Castellón trabaja también en colaboración con la Autoridad Portuaria, en la coordinación de servicios portuarios.



Figura 25. Centros Coordinadores de Salvamento gestionados por Salvamento Marítimo

6.1.3. La torre de control de Barcelona

Barcelona cuenta con un Centro de Coordinación de Salvamento, situado en el recinto del puerto de la ciudad homónima y cuyo máximo responsable es el Sr. Jaime Zaragoza, colaborador de este trabajo.

El CCS de Barcelona tiene, entre otras funciones, la obligación de coordinar la ejecución de las operaciones de búsqueda, rescate, salvamento y lucha contra la contaminación en el ámbito geográfico asignado a cada uno de ellos.



Figura 26. Distribución de la zona SAR española en sus aguas del Mediterráneo norte

Desde el año 2001, el CCS de Barcelona ha respondido entre 400 y 550 señales de socorro emitidas por radiobalizas. Alrededor del 95% de éstos avisos fueron falsas alarmas, mientras que el 5% restante necesitaron una actuación real por parte de los dispositivos de búsqueda y rescate.

Por ejemplo, en 2008, se activaron 415 dispositivos, de los cuales se identificaron 256 y tan solo 17 de ellos correspondieron a alertas reales. De estos 256 avisos, la mayoría eran de embarcaciones de recreo y pesqueros, mientras que sólo el 10% pertenecía a mercantes.

La razón de que haya tantas falsas alarmas no es otra que una activación accidental de las radiobalizas, normalmente sin motivo aparente y, probablemente, debido a golpes de mar o rocciones. Aunque, en muchos casos, sucede que el patrón o capitán no reconoce haberla podido activar de forma accidental. Remarcar, también, que mientras la frecuencia de 121,5/243 MHz estuvo activa, estas activaciones se debían a interferencias. Finalmente, en pocos casos, se deben a un posible robo en la embarcación y a una manipulación errónea durante la inspección técnica.

Para poder garantizar un servicio óptimo, Salvamento Marítimo proporciona a todos sus equipos una formación integral en seguridad marítima, portuaria e industrial y prevención de riesgos laborales. Además, la tripulación de todas las embarcaciones y aeronaves realizan ejercicios semanales teóricos y algún simulacro real con menor frecuencia. Sin ir más lejos, el CCS de Barcelona, realiza simulacros de operaciones SAR cada mes, con la ayuda de las embarcaciones Punta Mayor, Clara Campoamor y Mintaka, junto con algún helicóptero o avión procedente de la base de Reus.



Figura 27. Ejercicios realizados por los dispositivos disponibles en la zona SAR del CCS de Barcelona

6.2. Buques

La flota de Salvamento Marítimo, a 31 de diciembre de 2006, estaba compuesta por 63 buques. Los medios a cargo de la Sociedad de Salvamento y Seguridad Marítima no tienen una ubicación geográfica fija, a excepción de los 21 Centros de Coordinación de Salvamento Marítimo. Estos medios están estratégicamente situados a lo largo de las costas españolas atendiendo a criterios de efectividad basados en conseguir minimizar los tiempos de respuesta para realizar una mejor cobertura y actuación eficaz adecuada a las previsiones de ocurrencia de siniestros que proporciona el estudio y análisis de las estadísticas recientes. Este ejercicio es continuo y puede dar lugar a una redistribución de los medios de salvamento si las condiciones así lo exigen.

6.2.1. Tipos

Los 63 buques citados anteriormente, los podemos distribuir en:

- 4 buques polivalentes de salvamento y lucha contra la contaminación,
- 12 buques de salvamento (remolcadores), y
- 55 embarcaciones de intervención rápida denominadas “Salvamares”.

A los anteriores se les puede sumar algún otro buque fletado ocasionalmente, por situaciones extraordinarias en las que se necesitan más efectivos.

6.2.2. Funciones

La función que deben realizar los buques de Salvamento Marítimo depende de la tipología de cada buque. Los tenemos detallados a continuación.

6.2.2.1. Buques polivalentes

La característica de los tres buques ya operativos es su polivalencia en tres aspectos principales:

- en el salvamento de personas,
- en la lucha contra la contaminación marina, ya que poseen capacidad de recogida de residuos en la mar,
- en la asistencia y el remolque a buques y otras operaciones marítimas.

Los buques polivalentes se pueden utilizar como plataformas de apoyo a operaciones marítimas pues disponen de espacios específicamente habilitados y dotados para el trabajo de buceadores, de equipos auxiliares, central de comunicaciones, etc. Elementos tales como el posicionamiento dinámico, la cámara de visión nocturna (FLIR), equipos contra incendios, y dos sistemas diferentes de recogida de residuos de hidrocarburos, además de la posibilidad de aplicación de dispersantes completan la dotación que garantiza su operatividad y adecuación a cualquier tipo de emergencia.



Figura 28. Imagen del Buque Polivalente Don Inda

6.2.2.2. Remolcadores

Los remolcadores con los que cuenta Salvamento Marítimo son unidades que por sus prestaciones aseguran la posibilidad de dar remolque a grandes buques y tienen capacidad operativa para intervenir en grandes siniestros (incendios, contaminación, salvamento). Estas unidades están desplegadas estratégicamente a lo largo de la costa, permanentemente alistadas para salir a la mar, actuando o en espera de prestar servicios.

En situaciones excepcionales la Sociedad de Salvamento y Seguridad Marítima puede fletar temporalmente buques para realizar operaciones complementarias o de apoyo a los efectivos ya existentes. Como ejemplo podemos citar que en diferentes periodos de 2006 fletó temporalmente los buques “Punta Tarifa” y el “Conde de Gondomar”, para operar en el área de Canarias con motivo de las emergencias relacionadas con la inmigración ilegal.



Figura 29. El remolcador Alonso de Chaves en plena operación de rescate

6.2.2.3. Embarcaciones “Salvamares”

Son embarcaciones de alta velocidad, gran maniobrabilidad y poco calado, apropiadas para actuar en circunstancias en que la rapidez de respuesta juega un papel fundamental. Las “Salvamares”, de 15 o 21 metros de eslora, alcanzan velocidades superiores a los 30 nudos. Construidas en aluminio y con borda baja son adecuadas para recoger náufragos del agua, además de dar remolques y asistencias. Participan en la mayoría de las emergencias atendidas por el servicio de Salvamento Marítimo, gracias a su rápida respuesta y versatilidad, ya sea resolviendo directamente la emergencia o como apoyo a otros medios de intervención.



Figura 30. Embarcación Salvamar durante una operación de vigilancia

6.2.2.4. Embarcaciones “Guardamares” (Patrulleras SAR)

Una de las innovaciones fruto del último Plan de Salvamento Nacional es un nuevo modelo de embarcación denominada “Guardamar” o “Patrullera SAR”.

Entre sus características más importantes destaca una eslora de 31 m, una velocidad superior a los 25 nudos, con una autonomía de 1.000 millas (mayor que la de las “Salvamares” comunes), asegurando una gran maniobrabilidad a bajas velocidades y gran estabilidad, lo que dota a estas patrulleras de una gran capacidad para realizar las funciones de salvamento y rescate. Asimismo, estarán equipadas con los medios tecnológicos más avanzados, lo que facilitará las labores de salvamento.



Figura 31. Rescate de una patera realizado por la Guardamar Talia en Canarias

6.2.3. Distribución dentro del territorio español

En los siguientes apartados detallaremos las características técnicas y la situación de los efectivos indicados a continuación.

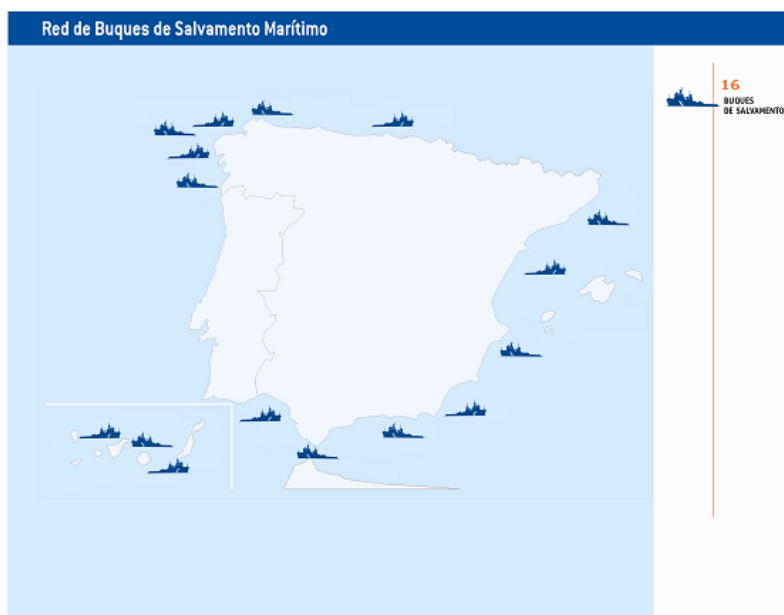


Figura 32. Distribución de los buques de Salvamento Marítimo a lo largo del territorio español



Figura 33. Distribución de las embarcaciones rápidas de Salvamento Marítimo a lo largo del territorio español

6.2.3.1. Buques polivalentes

Los buques polivalentes de los que se disponen actualmente son:

- el *Luz de Mar* y el *Miguel de Cervantes*, con 56 metros de eslora, 228 toneladas de tiro de remolque y gran maniobrabilidad, su capacidad de recogida es de 300 m³ cada uno y disponen de brazos de recogida de contaminación con bombas de aspiración, barreras de contención, skimmers y tanques de almacenamiento a bordo. Cuentan con una potencia de remolque de tiro a punto fijo de 128 toneladas;

- el *Don Inda* y el *Clara Campoamor* (que entró en funcionamiento en 2007): con 80 metros de eslora y 1.750 m³ de capacidad de recogida cada uno y constituyen el complemento del Plan Nacional ante graves accidentes por vertidos contaminantes. Con la incorporación de estas nuevas unidades a las ya operativas, Salvamento Marítimo multiplica por 30 su capacidad de recogida de residuos en la mar, que en 2004 era de 80 m³, y ahora es de 2.403,8 m³.

Buque	Año	Potencia	Tiro	Eslora	Tripulación	Zona
Don Inda	2006	4x4400kw	228Tn	80m	16	Galicia
Clara Campoamor	2007	4x400kw	228Tn	80m	16	Mediterraneo
Luz de Mar	2005	2x3840kw	128,5Tn	56m	13	Estrecho
Miguel de Cervantes	2005	2x3840kw	128,5Tn	56m	13	Canarias

Tabla 2. Características de los buques polivalentes

6.2.3.2. Remolcadores

Salvamento marítimo cuenta con siete remolcadores propios y cinco remolcadores fletados permanentemente, además de los que puedan ser fletados en ocasiones extraordinarias.

Buques Propios	Año	Potencia	Tiro	Eslora	Tripulación	Zona de Actuación
Alonso de Chaves	1987	2x4320kw	105Tn	63m	14	Cantábrico Occidental
Punta Salinas	1982	2x4400kw	97,7Tn	62,8m	14	Canarias Occidental
Punta Mayor	1984	2x400kw	81Tn	60m	14	Mediterraneo Norte
María Pita	2008	2x1872kw	60Tn	39,7m	12+2	Galicia
María Zambrano	2008	2x1872kw	60Tn	39,7m	12+2	Andalucía
María de Maeztu	2008	2x1872kw	60Tn	39,7	12+2	Cantábrico
Marta Mata	2008	2x1872kw	60Tn	39,7m	12+2	Baleares

Tabla 3. Características de los remolcadores propiedad de Salvamento Marítimo

Buques Fletados	Año	Potencia	Tiro	Eslora	Tripulación	Zona de Actuación
Ibaizabal I	1973	1x4000kw	50Tn	36,4m	7	Galicia
V.B. Antártico	2001	2x3000kw	95,6Tn	55,2m	13	Andalucía
Boluda Mistral	1974	1x3300kw	45Tn	36,3m	7	Canarias
Remolcanosa V	1978	1x5057kw	66,2Tn	42,9m	7	Andalucía
Urania Mella	2008	2x270kw	-	73,5m	8-10	La Coruña

Tabla 4. Características de los remolcadores fletados por Salvamento Marítimo

Cuatro de los siete remolcadores propios, han sido incorporados recientemente para sustituir a los anteriores buques de elevada edad fletados hasta el momento.

Buque actual	Buque sustituido	Zona de actuación
Marta Mata	Ria de Vigo	Baleares
María Pita	Ibaizabal III	Galicia Sur
María Zambrano	Sertosa XVIII	Andalucía
María de Maeztu	Ibaizabal II	Cantábrico Oriental

Tabla 5. Remolcadores de nueva construcción que sustituyen algunos de los fletados

Además, otros 3 remolcadores están actualmente en construcción.

6.2.3.3. Embarcaciones “Salvamares”

A finales de 2009 la flota de unidades de intervención rápida estaba compuesta por 55 embarcaciones según la siguiente relación:

Salvamar	Año	Potencia	Eslora	Tripulación	Base Actual
Orión	1999	2x1300hp	20m	3	Pasajes
Monte Gorbea	1992	2x450hp	15m	3	Bermeo
Deneb	2001	2x1400hp	21m	3	Santander
Rigel	2000	2x1300hp	20m	3	Llanes
Capella	2002	2x1400hp	21m	3	Luarca
Sargadelos	1995	2x450hp	15m	3	Ribeira
Shaula	2001	2x1400hp	21m	3	Cariño
Mirkaf	2001	2x1400hp	21m	3	La Coruña
Altair	2000	2x1400hp	21m	3	Camariñas
Regulus	2003	2x1400hp	21m	3	Porto do Son
Mirach	2002	2x1400hp	21m	3	C.Morrazo
Alborán	1996	2x1250hp	20m	3	Mazagón
Gadir	1996	2x1250hp	20m	3	Ibiza
Dubhe	1993	2x525hp	15m	3	Barbate
Alkaid	2004	2x1400hp	21m	4	Tarifa

Salvamar	Año	Potencia	Eslora	Tripulación	Base Actual
Algeciras	1992	2x450hp	15m	4	Algeciras
El Puntal	1993	2x525hp	15m	3	Ceuta
Vega	2000	2x610hp	15m	4	Málaga
Hamal	2006	2x1400hp	21m	4	Motril
Alonso Sánchez	1992	2x450hp	15m	3	Huelva
Denébola	2005	2x1400hp	21m	4	Almería
Algenib	2002	2x1400hp	21m	3	Garrucha
Alcor	1998	2x610hp	15m	3	Melilla
Polaris	2000	2x610hp	15m	3	Alicante
Levante	1995	2x450hp	15m	3	Jávea
Pollux	2001	2x1400hp	21m	3	Valencia
Aldebarán	1998	2x610hp	15m	3	Ciudadella
Sant Carles	1992	2x450hp	15m	3	S.Carles Rápita
Diphda	2001	2x1400hp	21m	3	Tarragona
Sirius	2000	2x1300hp	20m	3	Palamós
Cástor	2000	2x610hp	15m	3	Roses
Illes Pitiuses	1995	2x450hp	15m	3	Porto Colom
Acrux	2003	2x1400hp	21m	3	Puerto Portals
Antares	1999	2x1300hp	21m	3	Mahón
Markab	2002	2x1400hp	21m	3	Ibiza
Canopus	1993	2x525hp	15m	3	La Palma
Alphecca	2005	2x450hp	15m	4	La Gomera
Alpheratz	2006	2x1400hp	21m	4	Los Cristianos
Alphard	2005	2x1400hp	21m	4	Los Cristianos
Adhara	2006	2x1400hp	21m	4	La Restinga
Nunki	2002	2x1400hp	21m	3	Las Palmas
Atlántico	1992	2x1000hp	20m	4	Arrecife
Tenerife	1995	2x1250hp	20m	3	Sta. Cruz de T.
Menkalinan	2006	2x1400hp	21m	4	Arguineguín
Mizar	2004	2x1400hp	21m	4	Gran Tarajal
Sabik	2007	2x1400hp	21m	3	Burriana
Alnilam	2007	2x1400hp	21m	3	Port de la Selva
Alnitak	2007	2x1400hp	21m	4	Málaga
Alioth	2007	2x1400hp	21m	3	Burela
Mimosa	2008	2x1400hp	21m	3	Cartagena
Alcyone	2008	2x1400hp	21m	3	Bilbao
Suhail	2008	2x1400hp	21m	3	Cádiz
Achernar	2009	2x1400hp	21m	3	Tarragona
Saiph	2009	2x1400hp	21m	3	Alcudia
Mintaka	2009	2x1400hp	21m	3	Barcelona

Tabla 6. Características de las embarcaciones Salvamar propiedad de Salvamento Marítimo

Podemos apreciar que, siguiendo el plan de actuación 2006 – 2009, durante estos años se han incorporado diez “Salvamares” de última generación. Todas ellas con 21,19 metros de eslora y 5,50 de manga, una velocidad punta de 38 nudos y 400 millas náuticas de autonomía, dos motores de 1.044 kW (1.400 Cv), un desplazamiento a media carga de 32,5 toneladas y una potencia de tiro a punto fijo de 5 toneladas.

6.2.3.4. Embarcaciones “Guardamares” (Patrulleras SAR)

Según el Plan Nacional de Salvamento 2006 – 2009 se había previsto incorporar 10 embarcaciones de este tipo de nueva construcción y en propiedad para finales de 2009, pero solo ha sido posible la construcción de tres de ellas.

Guardamares	Año	Potencia	Eslora	Tripulación	Zona Actuación
Caliope	2009	2x2366CV	32m	8	Zona de Alborán
Concepción Arenal	2009	2x2366CV	32m	8	Galicia-Cantábrica
Talia	2009	2x2366CV	32m	8	Canarias

Tabla 7. Características de las embarcaciones Guardamar propiedad de Salvamento Marítimo

6.3. Aeronaves

La flota se completa con los medios aéreos de los que dispone Salvamento Marítimo y que se concretan en 9 helicópteros, con bases a lo largo de todo el territorio español; así como 3 aviones situados en los aeropuertos de Santiago de Compostela, Almería y Gando (Las Palmas). Un cuarto avión está disponible para cubrir las inoperatividades de los otros tres.

6.3.1. Tipos

Para el salvamento de la vida humana en la mar y el reconocimiento aéreo, Salvamento Marítimo cuenta con 9 helicópteros: 3 de ellos, en propiedad, son helicópteros AW-139 de nueva construcción y han sido incorporados en la pasada legislatura a través del PNS 06-09; los 6 helicópteros restantes, del tipo AW-139 y S61N – Sikorsky son fletados, uno de los cuales también ha sido incorporado en la pasada legislatura.



Figura 34. Helicóptero AW139 al servicio de las operaciones SAR

Salvamento Marítimo incorporó, en abril de 2006, 4 aeronaves “Beechcraft Baron B-55” (con base en Santiago, Almería, Las Palmas y una cuarta para cobertura de inoperatividades), que operaron transitoriamente hasta la puesta en servicio de los tres nuevos aviones CN 235-300 que construyó la empresa EADS CASA, que entraron en servicio en el segundo trimestre de 2007. Actualmente, continúa operando un “Beechcraft Baron B-55”. Se prevé la construcción de un cuarto avión para la cobertura de inoperatividades de los aviones anteriores.



Figura 35. Avión CN235-300 al servicio de Salvamento Marítimo

6.3.2. Funciones

6.3.2.1. Helicópteros

Los nueve helicópteros con los que cuenta Salvamento Marítimo están específicamente configurados para las labores de búsqueda y salvamento marítimo. Son activados para dar una rápida respuesta a las emergencias que necesitan una actuación inmediata por las condiciones de gravedad, supervivencia o evacuaciones médicas en que se encuentran las vidas en peligro.

Las bases se encuentran en Jerez de la Frontera, Gijón, Gando, A Coruña, Valencia, Reus, Santander, Tenerife Sur, Palma de Mallorca y Almería.

Además, en 2005 se comenzó el proceso de implantación de la permanencia continuada de las tripulaciones en base las 24 horas del día, con el consiguiente aumento de tripulaciones y la reducción de los tiempos de respuesta en las actuaciones de los helicópteros.

6.3.2.2. Aviones

Por primera vez desde su creación, Salvamento Marítimo dispone de aviones en propiedad con base en Santiago, Almería, Las Palmas y un cuarto para cobertura de inoperatividades.

Con los nuevos aviones, equipados con la más avanzada tecnología, se ha comenzado a realizar una vigilancia y control mucho más efectivos de los vertidos ilegales, más conocidos como sentinazos, ya que facilitan la identificación y sanción de los infractores. Tan sólo la realización de las patrullas marítimas está permitiendo ejercer un efecto disuasorio de cualquier infracción o vertido en la mar.

Pero también van a aportar su gran alcance en las operaciones de búsqueda y salvamento de la vida humana en la mar, cuando el uso de helicópteros no es suficiente dada su autonomía.



Figura 36. Sistemas incorporados por los nuevos aviones CN235-300

6.3.3. Distribución dentro del territorio español

A continuación se muestra la ubicación de los 14 dispositivos aéreos, cuyas bases se encuentran repartidas estratégicamente para cubrir la totalidad del territorio español.

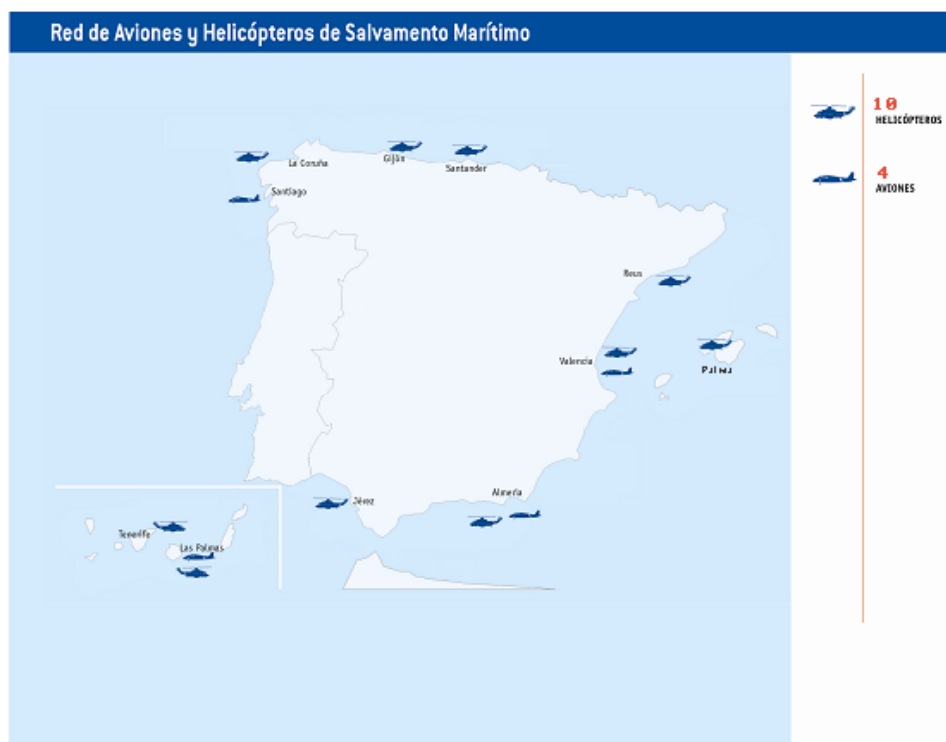


Figura 37. Distribución de los dispositivos aéreos dispuestos por Salvamento Marítimo a lo largo del territorio español

6.4. Plan nacional de Salvamento Marítimo 2006 – 2009

El 5 de mayo de 2006, el Consejo de Ministros aprobó el Plan Nacional de Salvamento Marítimo 2006-2009 el más ambicioso de todos los planes de Salvamento. Teniendo que velar por la seguridad sobre una superficie marítima tres veces superior a la del territorio nacional, las necesidades de Salvamento Marítimo debían ser atendidas en este período con 1.022 millones de euros, de los que 515,75 millones corresponden a inversiones para la modernización y aumento de su flota marítima y aérea, y para la ampliación y mejora de sus infraestructuras en tierra. El esfuerzo presupuestario del Ministerio de Fomento a través del Plan 2006-2009 tenía como objetivo el dotar a España de un servicio público con los medios de intervención en propiedad y con dedicación exclusiva, a la altura de las sociedades más avanzadas en su respuesta ante las emergencias marítimas y la protección ambiental de los océanos.

6.4.1. Medios disponibles al finalizar el Plan en 2009

Los medios de los que dispone Salvamento Marítimo al finalizar el Plan 2006 – 2009 son los siguientes:

- 11 buques propios de los 14 previstos. Los otros tres buques restantes están en construcción actualmente.
- 1 buque recogedor de 3.100 m³ de capacidad. El buque fletado es el “Urania Mella” y actúa en la zona de La Coruña. Junto con el resto de medios, se ha incrementado la capacidad de recogida de productos contaminantes pasando de

80 m³ en 2004 a 7.300 m³ en 2010. Los planes anteriores no recogían este tipo de medio;

- de las 55 embarcaciones “Salvamares”, sólo 10 son de nueva construcción, frente a las 16 que se habían previsto;
- solamente se han construido 3 de las 10 embarcaciones rápidas (“Guardamares”) polivalentes previstas;
- se dispone de 9 de los 10 helicópteros previstos, siendo sólo 3 de ellos de nueva construcción y en propiedad, frente a los 8 que se esperaban;
- se había previsto construir 4 aviones de ala fija, encargados de sustituir a los que operaban hasta el momento. Por el momento, se ha culminado la construcción de 3 de ellos y se prevé la construcción de un cuarto para poder sustituir al que todavía está fletado a la empresa pública SENASA;
- 6 bases estratégicas de salvamento y lucha contra la contaminación marina ubicadas en A Coruña, Santander, Castellón, Cartagena, Sevilla y Tenerife. Además, cuenta con 5 bases locales en Algeciras, Tarragona, Las Palmas, Mallorca y Tenerife con contenedores de material y equipos de lucha contra la contaminación para asegurar la primera respuesta ante una contaminación procedente del mar. Por último, también están activas 6 bases de actuación subacuática ubicadas en A Coruña, Las Palmas, Algeciras, Ibiza, Tarragona y Alicante.

	2004	Diciembre 2006	2009
Bases estratégicas	2	5	6
Bases subacuáticas	1	6	6
Bases locales	3	3	5

Tabla 8. Bases estratégicas de salvamento

6.4.2. Resultados obtenidos

A partir del Plan Nacional de Salvamento y a través de una flota renovada y modernizada que se ha aumentado las capacidades y mejorado la eficacia de las actuaciones, consiguiendo que:

- se reduzcan a la cuarta parte los tiempos de respuesta de posicionamiento de equipos y medios de actuación submarina y de lucha contra la contaminación;
- se doble la capacidad de rescate con embarcaciones rápidas en las áreas de emergencias de pateras;
- se reduzcan los tiempos de respuesta de los remolcadores en aproximadamente 40 minutos;
- se incremente en un 75% la potencia de tiro en remolque;
- disponer de un sistema de vigilancia aérea, gracias a los nuevos aviones;
- se pueda presenciar un helicóptero de salvamento en cualquier punto del mar dentro de las 25 millas desde la costa española en un máximo de 60 minutos;

- se incrementen y se modernicen los recursos, tanto de las Capitanías Marítimas como de los Centros de Coordinación de Salvamento. Como ejemplo de ello, entre otras mejoras se espera la implantación del Sistema de Identificación Automática de buques (AIS), operativo desde diciembre 2006, cubriendo toda la costa española; y la renovación del equipamiento tecnológico de 5 Centros de Coordinación de Salvamento;
- se realicen con éxito el programa de formación y prevención, cuyas bases principales son la formación de los profesionales, la formación y sensibilización de los usuarios del mar, la ampliación y mejora de los medios propios y el fortalecimiento de la unión inspectora para evitar así posibles accidentes marítimos;
- se realicen con éxito el programa de investigación e innovación para así posibilitar el desarrollo de nuevos métodos, medios, tecnologías y sistemas al servicio del salvamento;
- se realicen con éxito el programa de coordinación para poder conseguir la mayor eficacia en el desarrollo y actuación para el salvamento de la vida humana en la mar.

6.5. Procedimiento operativo (SAR)

El procedimiento operativo seguido por la empresa encargada de realizar las operaciones de búsqueda y rescate, en este caso Salvamento Marítimo, se divide en dos partes diferenciadas. La primera parte englobaría todo lo referente a la gestión de la información de la llamada de socorro, mientras que la segunda gestionaría todo lo referente al procedimiento que siguen los medios disponibles para atender dicha llamada.

6.5.1. Distribución de la información una vez recibida la alerta SAR

En este punto veremos el camino que sigue una llamada de socorro, una vez la LUT de Maspalomas la ha recibido, ya sea mediante avistamiento directo del satélite o porque otra LUT le haya reportado el radioaviso. El proceso, a grandes rasgos, es el siguiente:

- A. Maspalomas procesa y extrae toda la información disponible de la radiobaliza que ha emitido el aviso.
- B. Acto seguido, toda esta información es enviada al Centro Nacional de Coordinación de Salvamento Marítimo (CNCS) en Madrid. El CNCS se encarga de abrir una “incidencia” en la carpeta correspondiente de la intranet de la red que conecta todos los centros, donde se incluye toda la información obtenida.
- C. El CNCS envía, mediante fax, la información al CCS correspondiente.
- D. A partir de aquí, el CCS correspondiente evaluará la situación según cada caso pero siempre siguiendo unas pequeñas directrices a las que podríamos llamar “Plan General de Procedimiento ante una alerta SAR”.

6.5.2. Plan general de procedimiento ante una alerta SAR

Cada torre de control, una vez recibe el fax donde se le comunica la existencia y la información referente a una llamada de socorro proveniente de una radiobaliza, pone en marcha una serie de acciones para poder atender correctamente dicha llamada.

En primer lugar, el CCS correspondiente se encarga de realizar un acuse de recibo de la llamada, mediante la actualización del documento de la intranet que incluye la incidencia antes mencionada.

Después, se evalúa la situación de la llamada dándole prioridad a la localización de ésta. En función de la posición de la radiobaliza, se seguirá uno u otro procedimiento:

- radiobaliza en alta mar: en el momento que se constata la localización de la baliza en cualquier punto del océano, fuera del contacto inminente con zonas habitadas o edificadas, se procede a evaluar que dispositivos son los más indicados para atender la llamada y se da la orden de ponerlos en marcha;
- radiobaliza en puerto: en caso de que las coordenadas de la radiobaliza se sitúen en cualquier puerto o infraestructura náutica, se procede a evaluar que dispositivos son los más indicados para atender la llamada dándose la orden de estar preparados pero a la espera. Paralelamente, se establece contacto con el puerto afectado para que realicen las comprobaciones pertinentes previo envío de los dispositivos por parte del CCS, dado que en la mayor parte de los casos se trata de falsas alarmas;
- radiobaliza en tierra: en este tipo de situaciones, lo primero que se hace es intentar contactar con el propietario del aparato. Normalmente, no se moviliza ningún dispositivo de carácter humano (en ningún caso marítimo o aéreo) hasta que se ha comprobado con el usuario la posible naturaleza de la llamada. En la mayor parte de los casos, se deben a activaciones involuntarias derivadas de posibles robos o desecho de los dispositivos de forma incorrecta.

Cabe destacar que, debido a diversos problemas con la flota pesquera acontecidos en Galicia, se ha abandonado el antiguo procedimiento en que todo dispositivo SAR se mantenía alerta pero a la espera hasta que se comprobase que la alerta era real, retrasando todo el proceso de búsqueda y rescate. Como se ha indicado anteriormente la salida de los dispositivos es inmediata, al menos, en aquellos casos en que la llamada proviene de mar abierto.

Una vez se ha decidido que dispositivos deben activarse para realizar las tareas SAR, es el CCS al que se ha derivado la llamada de socorro el encargado de supervisar y tomar las decisiones relacionadas con dichas operaciones. En contadas ocasiones se traslada el control del incidente al CNCS, entendiéndose como estas posibles excepciones catástrofes del tipo “Prestige”.

7. Plan de Optimización

Dado que a lo largo de este trabajo, con el fin de estudiar en profundidad todos y cada uno de los pasos que sigue un aviso de emergencia a través del sistema mundial de búsqueda y rescate (Cospas – Sarsat), hemos dividido dicho sistema en tres segmentos, clasificaremos los posibles puntos críticos y sus posibles mejoras según estos segmentos.

7.1. Descripción de puntos críticos

7.1.1. Segmento Activación

En este segmento encontramos varios factores a estudiar. En primer lugar, cabe destacar que todavía estamos lejos de que el mercado nos ofrezca la radiobaliza (EPIRB) definitiva. La prueba de ello, es que se continúa buscando la forma de mejorar, básicamente, tres aspectos importantes: la precisión en la localización, la duración de la batería y la “incertidumbre del usuario”.

7.1.2. Segmento Espacial

Este segmento es, quizás, el que presenta un mayor abanico de posibles mejoras y, por tanto, de puntos críticos. Los satélites, como ya hemos visto, son los encargados de proporcionar la cobertura, el procesamiento de los datos y su envío a los Centros de Control de la Misión convirtiéndose en la piedra angular del sistema. Es por esto, y gracias a que la tecnología avanza constantemente, que se siga buscando la forma de mejorar los actuales o el diseño de nuevos y mejores satélites.

Los satélites presentan los siguientes puntos críticos: la cobertura, la capacidad de recepción y la precisión en la localización.

7.1.3. Segmento Terrestre

Este segmento es, probablemente, el mejor controlado. A diferencia de los otros dos segmentos, en él tenemos mayor acceso en todo momento a los dispositivos y medios que lo forman. Por lo que los principales puntos críticos se reducen a la disponibilidad de medios y el factor humano.

7.2. Sistemas de mejora utilizados hasta el momento

7.2.1. Segmento Activación

Hasta el momento, de entre los tres puntos críticos fundamentales antes mencionados, los esfuerzos se han centrado en mejorar la precisión de localización de las radiobalizas. Es sabido que la primera generación de radiobalizas necesita que los satélites geoestacionarios y leoestacionarios combinen su tecnología para calcular la posición de la baliza, con su correspondiente error y una cierta demora de tiempo. Con el objeto de mejorar esto, los fabricantes han incorporado, en la segunda generación de radiobalizas, un transmisor GPS. Éste, envía la posición de la radiobaliza al satélite sin necesidad de que dicho satélite tenga que calcular la posición de la radiobaliza, lo que comportaría un

error de posicionamiento mayor (entre 100 m y 2,6 km). El GPS permite reducir el radio de localización limitando el error a una distancia de 100 metros, o incluso menos.

En cuanto a la duración de las baterías, se están buscando alternativas que permitan una mayor duración tanto de la vida útil como del tiempo de funcionamiento de éstas. Por un lado, se está trabajando en la búsqueda de nuevos compuestos para la fabricación de las baterías, que las hagan más duraderas y ecológicas; mientras que por el otro, se está estudiando la incorporación de paneles solares que puedan prolongar la duración de funcionamiento de éstas. Por el momento, las baterías más usadas son las de litio, que cuentan con una vida útil de entre 5 y 7 años y un tiempo de funcionamiento de hasta 50 horas.

Anteriormente, hemos mencionado la “incertidumbre del usuario” como uno de los puntos críticos más importantes. Este nombre hace referencia al desconocimiento que tiene el usuario acerca de si la señal de alerta ha sido atendida por los medios pertinentes, una vez se ha activado la radiobaliza. En el último año y debido a que el futuro sistema GALILEO prevé incluir una función de devolución de la conexión a la radiobaliza conocida como el Return Link Service Provider (RLSP), el sistema Cospas – Sarsat está intentando desarrollar un sistema similar para incorporarlo a su flota de satélites. Es por ello que algunos fabricantes de radiobalizas estén estudiando la incorporación de un dispositivo de confirmación de recepción del radio aviso.

7.2.2. Segmento Espacial

En la actualidad se está trabajando conjuntamente para solucionar los problemas de la cobertura y el posicionamiento. Es sabido que ambos requisitos están condicionados por los satélites LEOSAR, puesto que son necesarios para proporcionar cobertura global actuando en las zonas polares y para determinar la posición de la radiobaliza mediante el efecto Doppler (al menos en aquellas radiobalizas que no cuentan con GPS). Por tanto, la mejora de estos aspectos pasa por la ampliación de la flota satelital con la intención de contar con más ejemplares que, al mismo tiempo, reciban la señal de emergencia y estén dentro del campo de visión de las estaciones terrestres aumentando la cobertura y la exactitud en el posicionamiento.

7.2.3. Segmento Terrestre

Actualmente, todos los países que forman parte activa del sistema, están intentando ofrecer una cada vez mayor cobertura del territorio marítimo del que se ocupan. La forma de conseguir este objetivo no es otra que la construcción de nuevas embarcaciones, la mejora de las instalaciones encargadas de la gestión y control de la misión SAR y, la formación y especialización del equipo humano que la forma.

El gobierno español, mediante el Ministerio de Fomento, destina, cada año, parte del presupuesto general del estado a la construcción de nuevas embarcaciones al servicio de la misión y a la formación de su personal en el Centro de Formación Jovellanos.

Cabe destacar que en el caso de la nación española, como ejemplo concreto, el organismo encargado de realizar la misión SAR (Salvamento Marítimo) ha incluido una segunda tripulación en todas sus aeronaves. Con esto se soluciona una de las tareas pendientes en lo relacionado a mejora de tiempos de respuesta por parte de este tipo de

dispositivos. Hasta el momento en que se incorporó esta segunda tripulación, se necesitaba al menos media hora para que la tripulación de guardia llegara a la base y pusiera los motores en marcha, además del tiempo necesario para alcanzar el lugar del incidente. Por lo tanto, los tiempos de respuesta se movían entorno a los 45 – 50 minutos, mientras que actualmente se han rebajado a los 20 – 25 minutos.

7.3. Sugerencias de posible mejoras

7.3.1. Complementación del segmento activación (EPIRB)

Por recomendación de Sr. Sergio Velásquez, Project Manager del Instituto de Navegación de España (INAVE), en este apartado vamos a hablar de varios dispositivos que, si bien no realizan exactamente la misma función que una EPIRB, pretenden obtener el mismo propósito. Gracias a su uso, se podría reforzar la seguridad de la embarcación haciendo que ésta fuese más redundante. Pese a que en algunos casos podrían incluso sustituirlas, hay que recordar que el SOLAS nos obliga a contar con al menos una EPIRB a bordo.

Por tanto, a continuación se propone el uso de dos dispositivos de comunicación adicionales, en combinación con la EPIRB.

7.3.1.1. Inmarsat B/C – IV, con el sistema Fleetbroadband

Después de la clausura del servicio que proporcionaban mediante el INMARSAT – E, la empresa se vio obligada a desechar sus correspondientes EPIRB's y dotar a sus usuarios con radiobalizas Cospas – Sarsat de 406 MHz. Sin embargo, INMARSAT vuelve a mejorar su tecnología, permitiendo su aplicación dentro de la misión SAR.

Con el sistema INMARSAT 4, Inmarsat innova al permitir el uso de antenas más pequeñas gracias a sus haces de alta ganancia más estrechos (67dB), permite comunicaciones de banda ancha (por paquetes) desde cualquier punto del planeta, incorpora 630 canales aumentando su capacidad e incrementa la masa en órbita mediante el uso de 3 satélites.

Gracias al sistema FleetBroadband, además de cumplir el GMDSS, es posible la transmisión de datos por conmutación de paquetes mediante el protocolo IP con una velocidad de transmisión de hasta 284/432 Kb/s y la transmisión de voz por VoIP (voz por IP).

Además de todo esto, lo más importante es que permite el uso de terminales portátiles y la facturación según el volumen de datos transferidos. La posibilidad de utilizar terminales portátiles nos permite su uso en caso de emergencia SAR. Y, pese a que para embarcaciones de tamaño reducido puede suponer un gasto considerable, es relativamente económico; costando el terminal y su instalación unos 10.000€, 60€ de coste de activación, llamadas entre 1.15 y 1.45\$ dependiendo de si es fijo o móvil, y 12.35\$ por cada Mb transferido.



Figura 38. Componentes de un equipo Inmarsat con Fleetbroadband

Por si esto fuera poco, el INMARSAT 4 con Fleetbroadband también cuenta con:

- Llamada Digital Selectiva. Sobretudo conocida por su acrónimo inglés como DSC (Digital Selective Calling), se trata de un sistema de llamada que se puede utilizar para llamar a otras embarcaciones y a estaciones costeras utilizando el VHF. Estas radios llevan en memoria grabado el número de identificación del buque, conocido como MMSI y siendo el mismo que tiene asignado a la radiobaliza. La información se transmite de forma digital y no hablada por el canal 70 reservado exclusivamente para las llamadas DSCs, descongestionando así, el canal 16VHF. El sistema envía una secuencia de varios dígitos conocidos como código primario y una importante información adicional, dando datos sobre la identificación del barco, las coordenadas del barco en peligro y la naturaleza de la llamada. Para ello cuenta con un sistema de jerarquía conocido como “prioridad de la llamada”, siendo, en orden de importancia, de socorro, urgencia, seguridad o rutina.
- Sistema de Identificación y Seguimiento de Largo Alcance. Conocido, también por su acrónimo inglés LRIT (Long Range Identification and Tracking), este sistema obliga al terminal del barco a transmitir informes automáticos APR (Automatic Position Reports) vía satélite. El sistema es obligatorio para todos los buques de pasaje, buques de carga de más de 300 TRB y plataformas de prospección marinas según la correspondiente ley aprobada por la IMO ene 2006. El LRIT incorpora un receptor GPS, permitiendo enviar informes con la posición, día del mes y hora del día. Como datos adicionales, incluye la velocidad, rumbo, frecuencia de emisión y registro histórico. Además, en algunos casos, puede contar con el VMS (Vessel Monitoring System).
- Ship Security Alert System (SSAS). Este sistema, impulsado conjuntamente por la IMO y el Cospas – Sarsat, pretende reforzar la seguridad marítima y evitar actos de terrorismo o piratería. El sistema es obligatorio para mercantes de más de 500 TRB.

Todo esto nos demuestra que, además de reforzar la seguridad complementándose con la EPIRB, nos ofrece un gran abanico de aplicaciones y ventajas para satisfacer otras necesidades que nos encontramos abordando haciendo de él un sistema a tener en cuenta.

7.3.1.2. Iridium

Otra opción que podemos incluir a bordo, además de la radiobaliza, es un teléfono satelital. Hay varias empresas que ofrecen servicios de telefonía vía satélite: Iridium, Globalstar, Orbcomm, Thuraya, etc. Tras realizar un breve estudio de los productos y servicios ofrecidos por cada una de ellas hemos llegado a la conclusión de que, siguiendo la relación calidad del servicio – precio, la empresa con la oferta más interesante es Iridium.

Esta empresa ofrece el “Iridium Openport”, que cuenta con múltiples líneas telefónicas, conectividad IP y velocidades flexibles de datos (Internet e Email), de hasta 128 kilobits por segundo (57bps), con gastos de espacio de tiempo de emisión y equipos sustancialmente menores que cualquier otro competidor. Además, la antena no necesita estabilización giroscópica para que apunte exactamente en una dirección exacta del firmamento, lo cual hace que su precio sea muy asequible, y lo más importante; al ser más sencilla es más segura y con menor posibilidad de fallos. Se trata de una antena omnidireccional que al no llevar motores giroscópicos tampoco “come” amperios para estabilizarse con cada movimiento de las olas. Y por todo ello además, es muy ligera, lo cual facilita su instalación y no requiere de mástiles desmesuradamente fuertes y pesados.



Figura 39. Antena del sistema Iridium Openport

Iridium ofrece una cobertura global, a diferencia del sistema Inmarsat (76°N – 76°S), gracias a sus 66 satélites LEO en órbita polar (con una inclinación del 86.5°). El sistema es capaz de gestionar 11.000 llamadas simultáneas, trabajando en banda L (1616 – 1626.5 MHz), por lo que el éxito de la llamada está más que asegurado. Además y al igual que Inmarsat, también cuenta con el servicio SSAS mencionado anteriormente.

El coste del pack (terminal, antena e instalación) oscila entre los 3.900 y los 6000€, y una cuota de activación de 60€. Estos teléfonos funcionan mediante una tarjeta prepago y la conexión por minuto entre terminales Iridium es de 1\$ y de Iridium a fijo de 1.15\$, mientras que el precio por Mb transferido está entre los 5 y los 17\$.



Figura 40. Terminal Iridium

Por tanto, el Iridium OpenPort es una herramienta fácil de instalar, rentable y que nos solventa las comunicaciones en alta mar pero, sobre todo, este terminal es una garantía de seguridad en caso de tener que echar mano de él en una emergencia náutica.

7.3.2. Modificación del segmento activación mediante la sustitución de la frecuencia en modo local (homing) 121 MHz

Un punto de posible mejora sería sustituir la frecuencia en modo local de 121 MHz con la que cuentan las actuales radiobalizas, para emitir en otras bandas de frecuencia que pudiesen aportar otro tipo de mejoras:

7.3.2.1. Sustitución por la frecuencia 495 – 505 MHz

Actualmente, esta frecuencia está destinada a la transmisión de mensajes de emergencia por teléfono móvil y se está estudiando su utilización, también, como frecuencia de emergencia en puertos. Dado que en esta frecuencia no se contempla una posible saturación debida a un alto número de llamadas simultaneas, el envío de la señal de socorro por la radiobaliza a través de ella sería una alternativa interesante a la actual frecuencia de 121 MHz, únicamente útil en el tramo final de la maniobra de rescate.

7.3.2.2. Sustitución por un transpondedor AIS

Otra solución, aunque a primera vista pueda parecer cara, sería la implantación de un transpondedor AIS en aquellas balizas que cuentan con GPS. Mientras la frecuencia en 121 MHz simplemente emite una señal a rastrear por la embarcación de rescate, el AIS sería capaz, en intervalos de 2 a 10 segundos, de actualizar datos como son el ratio de giro expresado en grados por minuto, la velocidad con una resolución de décima de nudo, la posición GPS con exactitud de DGPS (GPS diferencial si está disponible), y el rumbo.

7.3.3. Complementación del segmento espacial. Cooperación entre el Cospas – Sarsat y Galileo

El sistema Galileo dispondrá en el segmento espacial de una constelación de 30 satélites en órbita media (MEO), repartido en 3 órbitas circulares igualmente espaciadas. Su peso será de, aproximadamente, 680 Kg y darán la vuelta al Planeta en 14 horas. Dispondrá de una carga útil de navegación compuesta por relojes atómicos, generadores de señal, radio frecuencia y antena de banda L y C. Además contará con una carga SAR compuesta de un receptor en banda L y un transmisor en banda UHF.

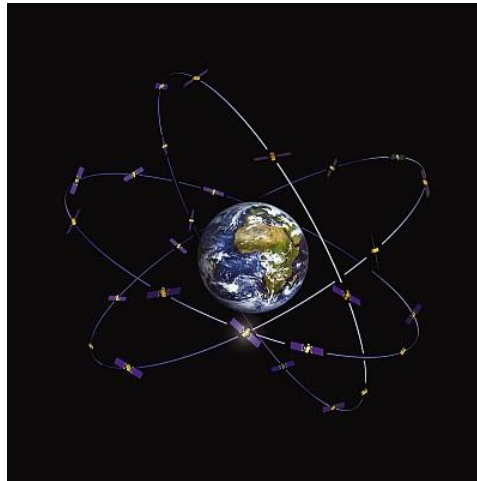


Figura 41. Constelación de satélites Galileo

El segmento terrestre contará con 5 estaciones MEOLUT's de enlace ascendente y descendente, para realizar transferencias de datos de navegación con los satélites, así como dos centros de control situados en Europa. Por otro lado habrá 12 estaciones para conocer el estado de la órbita y de la sincronización de los relojes atómicos. Además existirán 12 estaciones Up – link para asegurar la integridad de la señal, de las cuales tres estarán en Europa y la restantes en otros continentes. Finalmente, habrá 23 estaciones de monitorización de la señal y diversas estaciones locales para realizar funciones de menor importancia.

El segmento de activación, contará con su propio tipo de radiobalizas diseñadas para funcionar con Galileo, aunque posteriormente la llamada de socorro se derive al sistema Cospas – Sarsat.

Galileo transmitirá en las bandas de 1164 – 1215 MHz, la 1260 – 1300 MHz y la 1559 – 2591 MHz. Aún así, las llamadas de socorro podrán ser detectada por los satélites Galileo en la banda de 406 MHz y luego será radiodifundida a una estación remota terrena en la banda de 1544 – 1545 MHz.



Figura 42. Imagen "renderizada" de un satélite Galileo

Además, mediante el sistema ISSS (International SAR Satelital System, acrónimo que se usará para denominar la futura extensión del actual sistema Cospas – Sarsat incluyendo los elementos necesarios para el enlace con Galileo) dará apoyo al servicio provisto actualmente por el Cospas – Sarsat.

Gracias a todo esto, el sistema SAR/Galileo será capaz de aportar las siguientes mejoras:

- reducción de los retrasos en la detección, localización y confirmación;
- distribución del mensaje de socorro con información adicional mejorada;
- nuevo servicio de retorno del enlace desde el RCC al usuario (Return Link Service);
- mejora de las operaciones SAR gracias a que el nuevo servicio de devolución de enlace, combinado con la extensión del mensaje proveerá de una segunda vía de enlace;
- el nuevo sistema podrá procesar la señal de tres tipos diferentes de radiobalizas:
 - A. la primera generación, compatible con las radiobalizas del actual servicio provisto por el Cospas – Sarsat;
 - B. la segunda generación, que podrá procesar señales procedentes de radiobalizas capaces de incluir los datos correspondientes a su situación determinada mediante un receptor GNSS y;
 - C. la tercera generación, que procesará señales procedentes de nuevas radiobalizas capaces de determinar su situación mediante receptores Galileo gracias a sus receptores GNSS-2.

Además de las mejores anteriores, Galileo garantizará otros beneficios al servicio SAR del actual Cospas – Sarsat, siempre que Galileo mantenga la compatibilidad con la primera y segunda generación de radiobalizas. Estos beneficios incluirán:

- mejoras en la cobertura global;
- posibilidad de que varios satélites reciban la señal de socorro proveniente de una misma radiobaliza, radiodifundiéndola a las estaciones terrestres;
- mejorar la disponibilidad ya que habrá un mayor número de satélites en órbita;
- casi instantánea detección de una señal de siniestro emitida por una radiobaliza cuando no se trate de una radiobaliza de primera generación (ya que la localización de éstas se realizaría casi en el mismo tiempo que necesita el actual Cospas – Sarsat);
- mayor precisión en la localización. Para la tercera generación de radiobalizas equipadas con receptor Galileo se espera que sean capaces de obtener un error por debajo de los 20 metros;
- mayor capacidad, puesto que un satélite podrá ofrecer cobertura a 150 radiobalizas en una misma área.

Según lo visto anteriormente, queda más que demostrado que el sistema Galileo será un valioso aliado del Cospas – Sarsat y la cooperación entre ambos recortará los tiempos de respuesta en la primera fase de la operación de rescate, mejorando el segmento espacial.

Aún así, vale la pena destacar que el programa Galileo también presenta algunos inconvenientes:

- aunque es un sistema controlado por civiles, necesita de capital privado para su desarrollo y gestión, pudiendo crear conflictos de intereses o violar los principios acordados en el momento de su creación;
- debido a esta necesidad de capital privado debemos destacar que su uso no es únicamente humanitario, al contrario que el Cospas – Sarsat, y se destinará, principalmente, a negocios privados. Además, este factor ha condicionado los plazos de desarrollo del proyecto, que debía haber estado operativo en 2008.
- la posible incompatibilidad con las radiobalizas externas al sistema Galileo, pone en peligro la cooperación de éste con las misiones SAR del Cospas – Sarsat.
- el nuevo servicio de retorno del enlace podría no ser siempre efectivo, debido a que el sistema Galileo no prevé el contacto con elementos externos al propio sistema y, en caso de no obtener la fiabilidad necesaria, el “feedback” hacia la radiobaliza podría no efectuarse.

En conclusión, podríamos decir que el sistema Galileo, una vez esté totalmente operativo, será la herramienta perfecta para mejorar el servicio del actual sistema de búsqueda y rescate sin nunca llegar, como se ha dicho en muchas ocasiones, a sustituirlo.

7.3.4. Complementación del segmento terrestre

Gracias a la información proporcionada por el Sr. Jaime Zaragoza, jefe del Centro de Coordinación de Salvamento en Barcelona, podemos constatar que la reducción de los tiempos de respuesta por parte del segmento terrestre es difícil de alcanzar.

7.3.4.1. Reducción de los tiempos por parte de los dispositivos SAR

En nuestro caso, resulta complicada la reducción de tiempos por parte de Salvamento Marítimo. Esto se debe, tal y como se ha expuesto en capítulos anteriores, al ajustado procedimiento y tiempos de respuesta máximos establecidos por este organismo. En el caso de las embarcaciones, la tripulación debe encontrarse a bordo o a una distancia máxima de 10 – 15 minutos, puesto que es el tiempo que puede necesitar la embarcación para poner rumbo al lugar del aviso. Por su parte, las aeronaves necesitan un tiempo similar para, simplemente, preparar el equipo y calentar motores ya que cuentan con una tripulación de guardia siempre dispuesta en la base.

Una opción viable que podría ayudar a reducir el tiempo de respuesta sería intentar acotar al máximo el tiempo de preparación y/o retorno a la embarcación por parte del personal que no se encuentre a bordo en ese momento, pese a que ya hemos mencionado que no es demasiado factible.

7.3.4.2. Reducción de tiempos en base a la actuación de terceras personas

La implicación de terceras personas no suele ser frecuente pese a que hay ocasiones en las que se produce. Tomaremos, como ejemplo ilustrativo, un caso hipotético y claramente desfavorable:

- el sistema Cospas – Sarsat recibe una llamada de socorro proveniente de un área portuaria dónde, aparentemente, se ha localizado la radiobaliza “siniestrada”,
- existe una gran superficie a cubrir por parte del personal humano disponible en el recinto,
- el personal disponible se reduce a un marinero de guardia localizado en el puesto de control, por lo que será éste mismo quien deberá comprobar si la embarcación se encuentra en condiciones normales (falsa alarma) o, por el contrario, se trata de una alarma real,
- desgraciadamente, existe un accidente real en las inmediaciones del puerto.

Teniendo en cuenta los factores anteriormente citados, el marinero de guardia debería abandonar su puesto, comprobar la situación real de la embarcación y, tras comprobar que existe una amenaza para la vida humana real, volver al puesto de control para informar de los hechos. Entonces sería cuando, una vez el marinero hubiese comunicado la situación, los dispositivos SAR previamente alertados pero a la espera se pondrían en marcha. En el peor de los casos, esta situación se podría desarrollar en un período de hasta 30 – 45 minutos sin contar el tiempo necesario por los dispositivos SAR para alcanzar el lugar de los hechos.

Es obvio que un caso como este podría representar, como máximo, el 1% de las alertas SAR. Aún así, debe contemplarse como posible. A raíz de ello una propuesta de mejora sería la instalación, por parte de toda autoridad portuaria, de cámaras de video vigilancia distribuidas en diferentes sectores pero que fuesen capaces de cubrir todas las zonas de amarre. De esta forma se suprimiría la necesidad de que alguien realice una comprobación física de la situación, limitándose a su observación ocular mediante el uso de las cámaras.

8. Conclusiones

Tras recabar y analizar una gran cantidad de información sobre el tema, consultar a especialistas e integrantes del sector y, presentar una serie de posibles mejoras he obtenido una serie de conclusiones.

Por una parte, tras conocer que un grueso importante del colectivo opinaba que el sistema Cospas – Sarsat, utilizado actualmente para cubrir las operaciones de búsqueda y salvamento (SAR), había quedado obsoleto y era insuficiente; he resuelto que el sistema actual es totalmente válido. Aún así, como he indicado en las propuestas de mejora del sistema, hay algunos puntos que se podrían perfeccionar mediante la utilización de sistemas complementarios que ayudarían a reducir los tiempos de respuesta.

Por otra parte, he visto claramente que el segmento activación ha mejorado sustancialmente gracias a las nuevas tecnologías de posicionamiento vía satélite que tienen la posibilidad de incorporar. Pese a ello, he observado que existen otros aspectos, como puede ser la duración de la batería, que se podrán ir mejorando a medida que avance la tecnología.

Por último, cabe destacar que hasta que no llegé al estudio profundo de los medios terrestres, apostaba por la reducción cuantitativa de los tiempos de respuesta de éstos. Pero, tras conocer datos exactos y consultar con miembros integrados en los dispositivos SAR, concluí que quizás era el segmento que menos margen de mejora presentaba.

Por tanto, puedo asegurar que el sistema actual de búsqueda y rescate es un proceso “tejido” a conciencia donde se cuida hasta el más mínimo detalle y por lo que una reducción importante del tiempo que necesita para realizar una operación con éxito es prácticamente inconseguible.

A título personal resaltar que la realización de este trabajo me ha permitido conocer a fondo y apreciar la importancia de una herramienta al servicio de cualquier persona embarcada, por la que todo marino debería preocuparse al ser ésta su seguro de vida en una hipotética situación extrema.

Para finalizar, me gustaría plantear algunas líneas futuras de trabajo que me parecen consecuentes con el trabajo aquí iniciado. Estas líneas de investigación futura podrían abordar:

- el desarrollo de nuevos conceptos del sistema satelital y de la tecnología aeroespacial necesaria que la comunidad SAR requiere;
- la mejora de los componentes incorporados por las radiobalizas, centrándonos en las baterías y su duración;
- el estudio de la viabilidad para la implantación de otros dispositivos de comunicación adicionales en sustitución del Cospas – Sarsat, como pueden ser los proporcionados por otros sistemas satelitales y anteriormente mencionado en el apartado 7.3.1;
- el desarrollo de un sistema similar al Return Link Service Provider (RLSP), como el que prevé incluir Galileo, para su implantación dentro del actual sistema de búsqueda y rescate.

9. Bibliografía

A. Bibliografía

- González, José María. Sistema de posicionamiento por satélite, apuntes de la asignatura CNS (Communications, Navigation and Surveillance). EPSC (UPC).
- Velásquez Correa, Sergio Iván. Introducció als satèl·lits de comunicació, apuntes de la asignatura “Sistemes Radioelectònics d’ajut a la navegació. FNB (UPC).
- Fuster Cervilla, Jaume. Galileo/SAR: El nuevo servicio de salvamento y rescate (Trabajo Final de Carrera). FNB (UPC).
- Gema, Ramírez Barneto. Galileo en el nuevo escenario de la radionavegación marítima (Trabajo Final de Carrera). FNB (UPC).
- Melián Martínez, Emilia. Principios de funcionamiento del Sistema Cospas – Sarsat, activación y respuesta. INTA (SPMCC – Canarias). Consultado en referencia al LUT Maspalomas.

B. Manuales y documentación de los dispositivos

- International Aeronautical and Maritime Search and Rescue - IAMSAR Manual (IMO, Londres).
- Cospas – Sarsat Manuals - C/S System Documents (C/S Secretariat, Montreal).
- Cospas – Sarsat Manuals - C/S System Data Documents (C/S Secretariat, Montreal).
- Sub – Committee on radiocommunications and Search and Rescue (COMSAR). Report to the Maritime Safety Committee – COMSAR 13/14, 06/02/09. IMO, Londres.

C. Webgrafía

- International Cospas-Sarsat programme. www.cospas-sarsat.org. Consultado a lo largo del trabajo.
- Salvamento Marítimo. www.salvamentomaritimo.es. Consultado a lo largo del trabajo.
- European Space Agency. <http://www.esa.int/esaCP/index.html>. Consultado a lo largo del trabajo.
- NASA – Goddard. <http://www.nasa.gov/centers/goddard/about/index.html>. Consultado en referencia al segmento espacial.
- NASA – GOES Project Science. <http://goes.gsfc.nasa.gov/>. Consultado a lo largo del trabajo.
- EMS Global Tracking. <http://www.emsglobaltracking.com/>. Consultado en referencia a antenas del segmento terrestre.
- U.P.Valencia. <http://www.upv.es/satelite/trabajos/pracGrupo17/frecuencias.html>. Consultado en referencia al segmento terrestre.
- Iridium Satellite Communications. www.iridium.com. Consultado en referencia a mejoras del sistema.
- Inmarsat – The Mobile Satellite company. www.inmarsat.com. Consultado en referencia a mejoras del sistema.

- GMDSS Information. <http://www.gmdss.com.au/dsc.htm>. Consultado en referencia a mejoras del sistema.
- New – Globalstar, Inc. www.globalstar.com. Consultado en referencia a mejoras del sistema.
- Orbcomm. www.orbcomm.com. Consultado en referencia a mejoras del sistema.
- Thuraya. www.thuraya.com. Consultado en referencia a mejoras del sistema.
- Galileo. http://ec.europa.eu/enterprise/policies/space/galileo/index_en.htm. Consultado en referencia a mejoras del sistema